



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS

RODRIGO MARQUES TONELLA

**TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO EM UNIDADE DE TERAPIA
INTENSIVA: UMA NOVA PERSPECTIVA**

***INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IN INTENSIVE CARE UNIT: A NEW
PERSPECTIVE***

CAMPINAS

2017



RODRIGO MARQUES TONELLA

**TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO EM UNIDADE DE TERAPIA
INTENSIVA: UMA NOVA PERSPECTIVA**

***INSPIRATORY MUSCLE TRAINING IN INTENSIVE CARE UNIT: A NEW
PERSPECTIVE***

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da
Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos
exigidos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

ORIENTADOR: Professor Doutor Antonio Luis Eiras Falcão

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO RODRIGO MARQUES TONELLA E ORIENTADO
PELO PROFESSOR DR. ANTONIO LUIS EIRAS FALCÃO.

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5363-0717>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Ana Paula de Moraes e Oliveira - CRB 8/8985

T612t Tonella, Rodrigo Marques, 1977-
Treinamento muscular inspiratório em Unidade de Terapia Intensiva : uma nova perspectiva / Rodrigo Marques Tonella. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Antonio Luis Eiras Falcão.

Coorientador: Luciana Castilho de Figueiredo.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

1. Doenças respiratórias. 2. Insuficiência respiratória. 3. Terapia intensiva. 4. Desmame do respirador. I. Falcão, Antonio Luis Eiras, 1959-. II. Figueiredo, Luciana Castilho de. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Inspiratory muscle training in intensive care unit : a new perspective

Palavras-chave em inglês:

Respiratory tract diseases

Respiratory insufficiency

Intensive care

Ventilator weaning

Área de concentração: Fisiopatologia Cirúrgica

Titulação: Doutor em Ciências

Banca examinadora:

Antonio Luis Eiras Falcão [Orientador]

Ricardo Kalaf Mussi

Áurea Maria Oliveira da Silva

Aníbal Basile Filho

Cristina Aparecida Veloso Guedes

Data de defesa: 18-12-2017

Programa de Pós-Graduação: Ciências da Cirurgia

BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DOUTORADO

RODRIGO MARQUES TONELLA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO LUIS EIRAS FALCÃO

MEMBROS:

- 1. PROF. DR. ANTONIO LUIS EIRAS FALCÃO**
- 2. PROF. DR. RICARDO KALAF MUSSI**
- 3. PROF^A. DR^A. ÁUREA MARIA OLIVEIRA DA SILVA**
- 4. PROF. DR. ANIBAL BASILE FILHO**
- 5. PROF^A. DR^A. CRISTINA APARECIDA VELOSO GUEDES**

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca examinadora encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Data: 18/12/2017

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese a meus Pais, que foram essenciais à minha formação e presentes em todos os momentos. Dedico também aos meus orientadores: Prof. Dr. Sebastião Araújo, Prof. Dr. Antonio Luis Eiras Falcão e Profa. Dra. Luciana Castilho de Figueirêdo que com paciência e colaboração foram fundamentais e decisivos na realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois sem Ele....

Aos meus amados Pais, essenciais, absolutos e presentes.

À Sra. Hilda, essencial apoio espiritual.

À amiga e companheira de trabalho Lúgia dos Santos Roceto Ratti, pela paciência, por acreditar e abraçar a ideia de realizar essa pesquisa e pelo companheirismo de uma verdadeira irmã. Pela confiança e garra de extrair da mais árdua situação a força para continuar sem esmorecer.

À amiga e parceira de Coordenação de Curso Aline Maria Heiddemann, pelas vitórias conquistadas, desafios vencidos juntos que permitiram que o sonho não se perdesse.

Ao Prof. Dr. Sebastião Araújo, pela orientação sempre precisa, pela paciência, prontidão, disponibilidade, atenção e ensinamentos transmitidos desde o mestrado.

Ao Prof. Dr. Antonio Luis Eiras Falcão, por aceitar o desafio de me orientar, pela parceria, incentivo, companheirismo e por acreditar no trabalho do fisioterapeuta em UTI.

À Profa. Dra. Ivete Alonso Saad, pela amizade, companheirismo profissional, competência e por ser, antes de tudo, humana e correta, desde a chefia até o ensino e assistência.

À Profa. Dra. Luciana Castilho de Figueirêdo pela co-orientação deste trabalho, pela parceria e dobradinha bem sucedida na gestão: curso e serviço.

À Profa. Dra. Áurea Maria Oliveira da Silva, por ser meu

primeiro exemplo profissional na Fisioterapia; por acreditar no meu potencial, incentivar, “puxar” e extrair a vontade de vencer independentemente do meio difícil no qual estamos inseridos.

À Profa. Dra. Desanka Dragosavac pela generosidade, incentivo, apoio, parceria, garra e exemplo a sempre ser seguido.

A todos os meus amigos que me aguentaram durante essa fase dura da vida.

Ao Professor Dr. Rui Moreno pela valiosa contribuição no conteúdo final da tese.

À Angelina Wagner e Pedro Chocair pelo apoio técnico essencial para a viabilidade da pesquisa e também pela confiança em nossa capacidade de trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia por nos receber e incentivar nosso trabalho.

Aos meus alunos de pós-graduação que foram decisivos nas coletas de dados... Sem eles isso não seria possível: Aline Ribeiro da Silva Herran, Áurea Ferreira, Carlos Fontes Júnior, Fabieli Vicente, Lilian Elizabete Delazari, Natália Georgetto, Paula Lima da Silva, o meu MUITO obrigado.

A toda equipe multidisciplinar da Unidade de Terapia Intensiva e ao Serviço de Fisioterapia e Terapia Ocupacional do Hospital das Clínicas da Unicamp.

RESUMO

Introdução: a avaliação e o treinamento da musculatura respiratória são condições essenciais para reduzir o período de desmame da ventilação mecânica invasiva (VMI) em unidades de terapia intensiva (UTI). Um dos métodos de treinamento muscular inspiratório (TMI) recentemente aplicado é o treino muscular inspiratório com dispositivo eletrônico (TMIE), através de um equipamento que utiliza princípios do treinamento de resistência com a incorporação de uma carga ajustável ou automática que atende a todas as capacidades para um treinamento progressivo. **Objetivos:** avaliar e descrever as alterações hemodinâmicas e ventilatórias durante o TMI; a evolução dos valores da pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e do tempo de desmame no grupo TMIE comparado ao programa de nebulização intermitente (PNI) em pacientes traqueostomizados. **Materiais e Método:** foram selecionados pacientes com idade superior a 18 anos, sob VMI, sem sedação, traqueostomizados e estáveis hemodinamicamente. Os pacientes incluídos foram randomizados em dois grupos: PNI e TMIE. No grupo PNI os pacientes foram submetidos ao protocolo de nebulização intermitente até completarem 48 horas de nebulização contínua. No grupo TMIE os participantes iniciaram o treinamento inspiratório (dispositivo *Powerbreathe®*, modelo KH2, IMT Technologies Ltd., Birmingham, Inglaterra), por 30 ciclos (três séries de 10 ciclos, com 1 minuto de intervalo entre eles), com uma carga ajustada em 30% da PI_{máx} inicial, com acréscimo de 10% diariamente. Analisaram-se as variáveis: frequência cardíaca (FC), pressão arterial média (PAM), saturação periférica de oxigênio (SpO₂), frequência respiratória (FR), antes, durante e após o TMIE e a pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) no início e ao final do desmame. No grupo PNI o protocolo do serviço foi mantido e as variáveis hemodinâmicas e respiratórias supracitadas foram analisadas uma vez ao dia. Para análise estatística, utilizou-se o programa SPSS versão 13.0. Valores de $p < 0,05$ foram considerados como estatisticamente significantes. **Resultados e Conclusões:** foram selecionados 25 pacientes, quatro excluídos por não assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram randomizados 21 pacientes, sendo 10 para o grupo TMIE e 11 para o grupo PNI. Dois pacientes foram excluídos do grupo TMIE por instabilidade hemodinâmica. No grupo TMIE, houve redução significativa da FR após os três intervalos após um minuto de dez repetições de treino ($p = 0,016$, $p = 0,028$ e $p = 0,041$, respectivamente). Observou-se aumento da PI_{máx} final comparada à inicial no grupo TMIE ($p = 0,017$), sem alteração significativa para o grupo PNI. O grupo TMIE apresentou tempo total de desmame menor que o grupo PNI ($p = 0,01$). Pode-se concluir que o TMIE em pacientes traqueostomizados promoveu aumento de força muscular sem alteração respiratória ou instabilidade hemodinâmica durante sua aplicação e resultou em um tempo menor de desmame da ventilação mecânica.

Palavras-chave: Insuficiência Respiratória, Terapia Intensiva, Desmame do Respirador.

ABSTRACT

Introduction: the assessment and the respiratory muscle training are essential conditions to reduce the weaning period from invasive mechanical ventilation (IMV) in intensive care units (ICU). One method of inspiratory muscle training (IMT) has been recently implemented with *Powerbreathe®*, a device that uses the principles of resistance training by incorporating an adjustable or automatic load for progressive training. **Objectives:** to evaluate and describe the hemodynamic, ventilator and Maximal Inspiratory Pressure (MIP) changes during IMT with *Powerbreathe®* in tracheostomy patients. **Materials and Methods:** Patients aged 18 years were selected, without sedation, hemodynamically stable. Patients included were randomized into two groups: control and IMT with *Powerbreathe®*. Control group patients underwent protocol with tracheostomy collar (TC), to complete 48 hours without mechanical ventilation. It was applied IMT by *Powerbreathe®* KH2 model (*Powerbreathe®*, IMT Technologies Ltd., Birmingham, England) for 30 cycles (three sets of 10 cycles with one-minute interval between them), with an adjusted load 30 % of the initial MIP, increased of 10 % daily. It was analyzed the variables: heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), oxygen saturation (SpO₂), respiratory rate (RR) and MIP. For statistical analysis, SPSS version 13.0 was used. P values < 0.05 were considered statistically significant. **Results and Conclusions:** 25 patients were selected; four excluded because not signed an informed consent form. 21 patients were randomized, ten to IMT group and eleven to TC group. Two patients were excluded from IMT group for hemodynamic instability. There was an increase of the final MIP compared to the initial MIP in IMT group ($p = 0.017$), with no significant change for the control group. No significant statistical changes were observed in HR, MAP and SpO₂ during IMT ($p = 0.016$, $p = 0.028$ and $p = 0.041$). The RR showed a significant reduction after one-minute intervals during IMT and the time of weaning was shorter in IMT group ($p = 0.01$). In conclusion, IMT with *Powerbreathe®* in tracheostomy patients promoted an increase of muscle strength, shorter time of weaning and did not cause respiratory distress or hemodynamic instability during training.

Keywords: Respiratory tract diseases, Respiratory Insufficiency, Ventilator Weaning Intensive Care.

LISTA DE TABELAS E ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Critérios de inclusão | 22 |
| Figura 1. Pacientes do estudo e os respectivos desfechos..... | 26 |
| Tabela 2. Características demográficas, APACHE II e SOFA da população estudada..... | 27 |
| Gráfico 1. Comportamento da FR durante TMIE..... | 28 |
| Gráfico 2. Comportamento da PAM durante TMIE..... | 29 |
| Gráfico 3. Comportamento da SpO ₂ durante o TMIE..... | 30 |
| Gráfico 4. Comparação dos valores de FC inicial e final para o grupo TMIE. | 31 |
| Gráfico 5. Comparação dos valores de PImáx inicial e final para o grupo TMIE. ... | 32 |
| Tabela 3. Dias de ventilação mecânica e do tempo de desmame nos dois grupos. | 32 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC – Cervical Collar

CRF – Capacidade Residual Funcional

FC – Frequência Cardíaca

FiO₂ – Fração Inspirada de Oxigênio

FR – Frequência Respiratória

GCS – *Glasgow Coma Scale*

HR – Heart Rate

ICU – Intensive Care Unit

IMT – Inspiratory Muscle Training

IMV – Invasive Mechanical Ventilation

IRRS – Índice de Respiração Rápida e Superficial

MAP – Median Artery Pressure

MHB – Manobra de Higiene Brônquica

MIP – Maximal Inspiratory Pressure

PAM – Pressão Arterial Média

Plmáx – Pressão Inspiratória Máxima.

PNI – Programa de Nebulização Intermitente.

RR – Respiratory Rate

SpO₂ – Saturação Periférica de Oxigênio

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TMI – Treinamento Muscular Inspiratório.

TMIE – Treinamento Muscular Inspiratório com dispositivo Eletrônico.

TQT – Traqueostomia

UTI – Unidade de Terapia Intensiva.

VMI – Ventilação Mecânica Invasiva.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 - INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 - OBJETIVO..... | 20 |
| 3 - MATERIAIS E MÉTODO..... | 21 |
| 4 – RESULTADOS..... | 25 |
| 5 – DISCUSSÃO..... | 34 |
| 6 – CONCLUSÕES..... | 38 |
| 7 - REFERÊNCIAS..... | 39 |
| 8 - ANEXOS | 42 |
| ANEXO 1. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 42 |
| ANEXO 2. FICHA DE COLETA DE DADOS | 45 |
| ANEXO 3. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA | 49 |
| ANEXO 4. PUBLICAÇÕES EM ANAIS DE CONGRESSO | 52 |
| <i>EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL</i> | 52 |
| <i>SCIENTIA MEDICA</i> | 57 |
| <i>JOURNAL OF CLINICAL MEDICAL RESEARCH</i> | 63 |

1 - INTRODUÇÃO

O extenso período de imobilidade dos pacientes durante internação em UTI desencadeia prejuízos aos sistemas musculoesquelético, cardiovascular, neurológico e respiratório. No sistema respiratório pode acarretar a diminuição da capacidade residual funcional (CRF) e da complacência pulmonar resultando em atelectasias, retenção de secreções, pneumonia e ocasionalmente propiciar desfecho desfavorável (FRANÇA¹ e col., 2010).

Pacientes gravemente enfermos necessitam de suporte ventilatório invasivo com objetivo de promover estabilidade respiratória aliada à ventilação alveolar e trocas gasosas adequadas. A indicação do suporte ventilatório se faz necessária como coadjuvante na resolução da doença de base, como sepse, por exemplo, e como suporte essencial na insuficiência respiratória aguda. A diminuição do trabalho respiratório e o descanso da musculatura inspiratória, proporcionados pela ventilação mecânica, são essenciais para resolução da insuficiência respiratória (TOBIN² e col., 2010).

Ao se instalar o suporte ventilatório, em modos controlados, inicia-se um processo imediato de perda de função diafragmática primariamente por desuso. Estudos experimentais em animais demonstram claramente essa associação, presente já nas primeiras 12 horas de ventilação mecânica. Essa rápida evolução desfavorável da função diafragmática foi comprovada em humanos por Levine³ e col., 2008 que realizaram biópsia diafragmática em pacientes doadores de órgãos submetidos à ventilação mecânica por um período de 18 a 69 horas. A redução de área de secção transversa resultante da perda proteica da fibra muscular se fundamentou pela inatividade muscular durante o suporte ventilatório.

HERMANS⁴ e col., 2010 avaliaram a função diafragmática através de estimulação magnética diafragmática e medida de pressão transdiafragmática, com cateter esofágico, demonstrando declínio logarítmico da força diafragmática ligado diretamente ao aumento do tempo de ventilação mecânica e também a fatores coadjuvantes como presença de sedação e sepse.

Um dos fatores que determinam maior tempo de internação hospitalar e imobilidade é o desmame da ventilação mecânica invasiva (VMI), definido como um processo transitório da ventilação artificial para a espontânea em pacientes que permaneceram com suporte ventilatório por mais de 24 horas (ROLIN⁵ e col., 2011). Aproximadamente 90% dos pacientes críticos necessitam de VMI e o processo da retirada do suporte ventilatório representa 40% do tempo total do seu uso (MEADE⁶ e col., 2001).

O tempo prolongado de VMI determina a necessidade de traqueostomia (TQT), indicada para substituir o tubo traqueal e proporcionar maior segurança na oferta de ventilação mecânica invasiva com menor risco de lesão das vias aéreas superiores. A TQT também facilita o acesso às vias aéreas para execução de higiene brônquica e proporciona maior conforto ao paciente, além de permitir, a diminuição da sedação durante a VMI e o progresso do desmame (ARANHA⁷ e col., 2007).

Pacientes em desmame prolongado, ou seja, aqueles que necessitaram de mais de sete dias de VMI e apresentaram falhas consecutivas em três tentativas após realização do Teste de Respiração Espontânea (TRE), de acordo com as Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica de 2013 (Barbas⁸ CS e col., 2013), apresentam ainda maior dificuldade de descontinuidade da ventilação mecânica, em função de perda substancial da capacidade oxidativa dos músculos respiratórios, da diminuição da secção transversa e até mesmo pela diminuição do número de mitocôndrias responsáveis pela respiração celular. Associado aos recorrentes episódios de sepse, necessidade de sedação, bloqueio neuromuscular e à polineuropatia do doente grave, a dependência do ventilador mecânico se consolida (TOBIN² e col., 2010; HERMANS⁴ e col., 2010; BROCHARD⁹ e col., 2009).

A progressão do desmame e a retirada do suporte ventilatório, diante deste cenário, deve acontecer de forma gradativa, levando-se em conta os índices prognósticos e avaliativos da função pulmonar e muscular respiratória, como forma de acompanhar a evolução e minimizar o insucesso do processo. Sabe-se

que o desmame representa em média 40% do tempo de ventilação mecânica, ESTEBAN¹⁰ e col., 2002.

Cerca de 5% a 15% dos pacientes em desmame ventilatório apresentam desmame prolongado, expressiva perda da força muscular e não conseguem permanecer por longos períodos sem o suporte ventilatório, apresentando repetidas falhas no processo (BROCHARD⁹ e col., 2009).

Para reduzir o período de desmame, portanto é necessária a avaliação da musculatura respiratória e a aplicação de um protocolo de treinamento muscular inspiratório (TMI) que pode ser realizado através de dispositivos que imponham uma carga resistiva contra a inspiração (FRANÇA¹¹ e col. 2012).

SMITH¹² e col., 2014, em estudo retrospectivo, analisaram 16 pacientes traqueostomizados, randomizados e submetidos a treino muscular inspiratório utilizando-se *Threshold®*, com carga inspiratória máxima tolerada, durante cinco dias da semana, que obtiveram sucesso e insucesso no desmame. Os valores de volume corrente, frequência respiratória e pico de fluxo inspiratório, quando apresentaram aumento significativo, foram descritos como preditores de sucesso no grupo que adquiriu independência do ventilador mecânico. Ao analisar os valores de PImáx, não houve diferença significativa entre os grupos estudados.

MARTIN¹³ e col., 2011 aplicaram o treinamento muscular em pacientes que falharam no desmame ventilatório, utilizando-se também o *Threshold®* com máxima carga tolerada, diariamente. Ao analisar a evolução dos valores de PImáx a correlação foi positiva no grupo de pacientes que foram submetidos ao treino, com 71% dos indivíduos apresentando independência do ventilador mecânico e aumento significativo dos valores de PImáx (44 ± 20 cm de água, para 53 ± 20 cm de água). Esses resultados ressaltaram o papel do acréscimo nos valores de PImáx como fator determinante de sucesso do desmame em detrimento ao seu valor inicial.

A utilização de dispositivos que promovem o treinamento muscular inspiratório demonstra sua utilidade fundamentada no aumento da PImáx, no auxílio ao desmame ventilatório, na melhora nos parâmetros ventilatórios e no

sucesso do desmame prolongado (BISSETT¹⁴ e col., 2012); no entanto a avaliação das repercussões hemodinâmicas resultantes da aplicação desses protocolos tem escassos relatos, principalmente em indivíduos gravemente enfermos. McCONNELL¹⁵ & GRIFFITHS, 2010, aplicaram cargas progressivas de treino através do *Threshold®* com valores de carga de 50 a 95% da P_{Imáx} através de repetições seriadas máximas, em indivíduos saudáveis, com objetivo de avaliar as repercussões do treino na variação da frequência cardíaca, pressão arterial e volume corrente. Demonstraram que a partir de cargas inspiratórias ajustadas em 60% da P_{Imáx}, os indivíduos começaram a apresentar alterações significativas na frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, diastólica e volume corrente, após trinta repetições sequenciais máximas realizadas.

BISSETT¹⁶ e col., 2012 aplicaram treinamento muscular respiratório em pacientes traqueostomizados, utilizando *Threshold®*, totalizando 195 sessões de treinamento e demonstraram que não houve alterações hemodinâmicas, nem respiratórias que levassem à interrupção do protocolo de treino naqueles pacientes em desmame prolongado na UTI. As sessões de treino foram realizadas durante cinco dias da semana e não foi necessária nenhuma suplementação de oxigênio durante o treino, demonstrando a segurança da aplicação de protocolo de treinamento muscular nesta população.

Em um recente estudo sobre pacientes submetidos à ventilação mecânica por mais de sete dias e que obtiveram sucesso no desmame da ventilação mecânica, BISSETT¹⁷ e col., 2015, demonstraram que a percepção do esforço, após 48 horas sem a ventilação mecânica, não está ligada diretamente à perda de força muscular, mas sim ao fato de os pacientes terem demonstrado perda na *endurance* muscular respiratória, mesmo tendo obtido sucesso no desmame ventilatório. Esse fato fundamenta a necessidade de aplicar protocolos de avaliação e treino de *endurance* muscular respiratório com o intuito não só de aumentar a força inspiratória, mas sim proporcionar períodos mais prolongados de ventilação espontânea, sem a necessidade de retornar o paciente ao suporte pressórico positivo, determinando finalmente o sucesso do desmame ventilatório.

Um método de TMI recentemente aplicado utiliza o equipamento eletrônico *Powerbreathe®*, desenvolvido e utilizado originalmente com objetivo de aumentar o desempenho de atletas em diversas modalidades de exercício, através do treino muscular inspiratório e posteriormente, em pacientes estáveis com doença respiratória. Utiliza princípios do treinamento de resistência com a incorporação de uma carga ajustável ou automática com dispositivo eletrônico, que atende a todas as capacidades para um treinamento muscular respiratório progressivo (MEADE⁶ e col., 2001).

Embora essa nova proposta de TMI estivesse fundamentada apenas em atletas e restrita a pacientes ambulatoriais, portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), houve a publicação de um relato de caso, em que se utilizou o dispositivo eletrônico de treino muscular inspiratório em paciente traqueostomizado em uso de VMI. SOUZA¹⁸ e col., 2014, em um estudo de caso realizado no Brasil, utilizaram então o dispositivo eletrônico para treino de *endurance* muscular inspiratório, em um paciente traqueostomizado, internado em unidade de cuidado intermediário, portador de doença neuromuscular, após 14 dias de ventilação mecânica e após três falhas consecutivas de desmame. Aplicou-se o TMI com carga resistiva de 30% da P_{Imáx}, duas vezes ao dia, em conjunto à fisioterapia motora diária. Houve incremento da P_{Imáx} e após quatro semanas o paciente foi decanulado e necessitou apenas de suporte ventilatório não invasivo durante o período noturno. Não houve alterações respiratórias ou hemodinâmicas durante o treinamento que determinassem a descontinuidade do protocolo.

Diante disso, a monitorização das variáveis cardiovasculares e respiratórias durante e após o TMI é essencial para acompanhar possíveis alterações significativas, principalmente se houver associação de drogas vasoativas administradas ao paciente em Unidade de Terapia Intensiva (STILLER¹⁹ e col., 2003; DENEHY²⁰ e col., 2006). Além disso, pacientes apresentando dependência da ventilação mecânica, necessitam de treinamento muscular inspiratório com intuito de minimizar a perda da *performance* muscular respiratória e adquirir independência ventilatória duradoura da ventilação mecânica (BISSETT¹⁷ e col.

2015). Desta forma, os vários estudos apresentados anteriormente, motivaram a investigação do papel do treino muscular com dispositivo eletrônico em pacientes traqueostomizados, em desmame prolongado na Unidade de Terapia Intensiva do HC de Clínicas da Unicamp.

2 - OBJETIVO

1 - O objetivo do estudo foi avaliar e descrever as variações nos parâmetros hemodinâmicos e ventilatórios durante e logo após o TMIE em pacientes traqueostomizados, em desmame prolongado.

2 - Comparar a força muscular inspiratória e o tempo de desmame entre os dois grupos de pacientes: TMIE e o grupo PNI.

3 - MATERIAIS E MÉTODO

Foi realizado um estudo prospectivo e randomizado composto por pacientes traqueostomizados internados na UTI do Hospital das Clínicas (HC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição, sob o parecer nº 403/626. Os responsáveis legais dos pacientes, após leitura e aceitação, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) permitindo assim a inclusão do paciente no protocolo.

No período de outubro de 2013 a janeiro de 2014 foram selecionados 25 pacientes. Foram incluídos 21 pacientes traqueostomizados que se enquadraram nos critérios de inclusão, descritos na **Tabela 1**. Foram excluídos do estudo pacientes que apresentaram posicionamento anormal do hemidiafragma visualizado em radiografia de tórax; doença neuromuscular prévia; disfunções musculoesqueléticas; aqueles que tivessem utilizado VM domiciliar antes da hospitalização e apresentassem excesso de secreção traqueobrônquica (necessidade de mais de uma aspiração a cada hora).

Os pacientes incluídos foram randomizados em dois grupos: PNI e TMIE, através de envelope fechado, contendo 10 papéis escritos TMIE e 11 papéis escritos PNI. O sorteio foi realizado por um membro do estudo, acompanhado de um funcionário da instituição, que não participava da pesquisa.

Tabela 1. Critérios de inclusão

| Pacientes traqueostomizados, sem analgesia e sedação por mais de 24 horas e em ventilação mecânica. | |
|--|-------------------------|
| Idade | > que 18 anos |
| PaO₂ | > 60 mmHg |
| FiO₂ | ≤ 0,6 |
| Índice de oxigenação (I/O) | ≥ 200 |
| Pressão arterial média (PAM) | ≥ 80 mmHg ≤ 110 mmHg |
| Frequência cardíaca (FC) | ≥ 60 bpm ≤ 120 bpm |
| Modalidades: Assistida, Assistido/Controlada ou espontânea. | |
| Pressão de suporte | ≤ 15 cmH ₂ O |
| PEEP | ≤ 10 cmH ₂ O |
| Frequência respiratória (FR) | ≤ 30 ipm |
| SpO₂ | ≥ 90% |
| Temperatura corpórea | 36,5° C a 38,5° C |
| IMC | ≤ 40 kg/m ² |

Legenda: PaO₂: pressão parcial de oxigênio do sangue arterial; FiO₂: fração inspirada de oxigênio; PEEP: pressão positiva no final da expiração; SpO₂: saturação periférica de oxigênio e IMC: índice de massa corpórea.

Pacientes de ambos os grupos receberam atendimentos fisioterapêuticos previamente às coletas de dados, compostos de manobras de higiene brônquica (MHB), aspiração traqueal, aspiração da cavidade oral e posicionamento no leito com a cabeceira elevada de no mínimo 30°.

Foi realizada avaliação diária em ambos os grupos composta por medidas de PImáx, através de um manovacuômetro digital (MVD300, Globalmed®, Brasil), repetidas três vezes, com uma válvula unidirecional conectada à TQT e ao equipamento, com oclusão de 20 segundos, com intervalo de um minuto entre elas, no qual o maior valor foi escolhido. O paciente, mesmo com a válvula unidirecional acoplada, foi encorajado pelo avaliador a realizar esforços máximos inspiratórios durante todo o tempo de oclusão. A FiO₂ foi ajustada em 100%, dois minutos antes da execução de cada procedimento de medida.

No grupo PNI os pacientes foram submetidos ao protocolo de avaliação de fisioterapia respiratória supracitada. Além dos critérios de inclusão (**Tabela 1**) para iniciar o PNI em tubo “T”, eram necessários: parâmetros mínimos de ventilação mecânica, ou seja, modo VPS (Ventilação por Pressão de Suporte), com valores menores ou iguais a 10 centímetros de água de pressão de suporte, PEEP menor ou igual a oito centímetros de água e FiO₂ menor que 40%. O tempo de PNI era dependente das características clínicas e hemodinâmicas de cada paciente, sendo que os critérios para interrupção do PNI foram a alteração do nível de consciência, mensurados pela Escala de Coma de Glasgow (ECG) ou dois ou mais dos seguintes parâmetros: FR maior que 35 ciclos/min; SpO₂ inferior a 90%; FC maior que 130 bpm ou abaixo de 60 bpm, sinais de desconforto respiratório (uso dos músculos acessórios da respiração, movimento tóraco-abdominal paradoxal), sudorese e queixa de dispneia. Em caso de falha do PNI, o paciente foi conectado à VMI no mínimo por 6 horas, em parâmetros ventilatórios necessários para reestabelecer o conforto, normalidade do nível de consciência, hemodinâmica e respiratória.

A oferta de oxigênio neste grupo sempre foi iniciada com cinco litros por minuto, objetivando SpO₂ superior a 92%. Foram registradas diariamente as variáveis hemodinâmicas e respiratórias: FC, PAM, SpO₂ e FR disponíveis no monitor multiparamétrico Philips®, Índice de Respiração Rápida e Superficial (IRRS) e o tempo sem o suporte ventilatório do ventilador mecânico. O sucesso do desmame foi considerado quando completadas 48 horas de nebulização contínua em tubo “T” e após esse tempo, a coleta de dados se encerrava.

No grupo TMIE os pacientes foram submetidos ao protocolo de avaliação de fisioterapia respiratória de rotina e após preencher os critérios de inclusão contemplados na **Tabela 1**, iniciaram o treinamento com o *Powerbreathe®* modelo KH2 (*Powerbreathe®, IMT Technologies Ltd., Birmingham, Inglaterra*), por 30 repetições (três séries de 10 repetições, com um minuto de intervalo entre cada série), com uma carga manualmente ajustada de 30% da PImáx inicial, duas vezes ao dia, com acréscimo de 10% a cada dia de treino. Os critérios para interrupção do TMIE foram a alteração do nível de consciência, mensurados pela

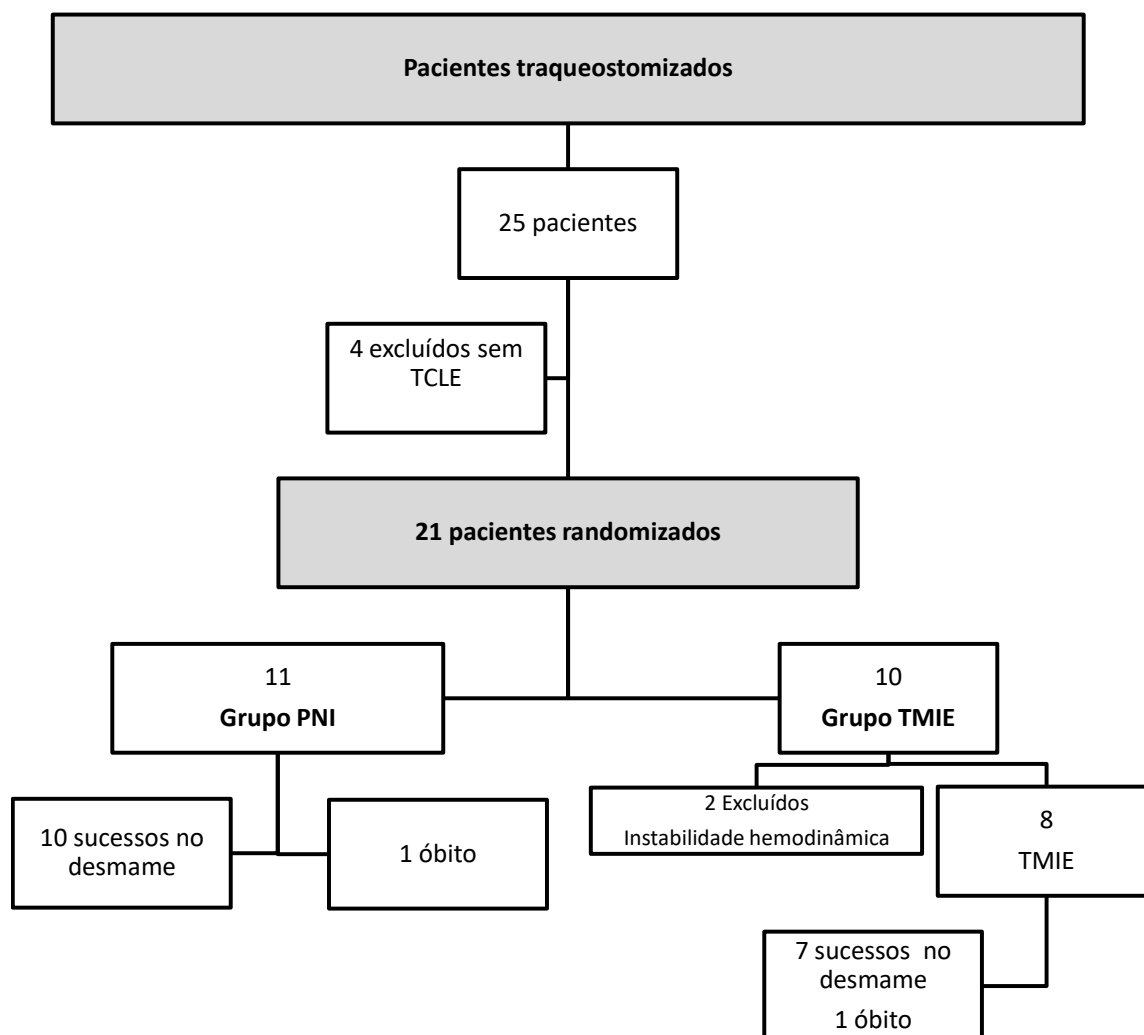
Escala de Coma de Glasgow (ECG) ou dois ou mais dos seguintes parâmetros: FR maior que 35 ciclos/min; SpO₂ inferior a 90%; FC maior que 130 bpm ou abaixo de 60 bpm, sinal de desconforto respiratório (uso dos músculos acessórios da respiração, movimento tóraco-abdominal paradoxal), sudorese e queixa de dispneia. Nestes casos o paciente foi conectado à VMI durante, no mínimo 6 horas, em parâmetros ventilatórios necessários para reestabelecer o conforto, normalidade do nível de consciência, hemodinâmica e respiratória. O desmame ventilatório deste grupo foi realizado da mesma maneira já descrita anteriormente no grupo PNI.

Para análise estatística, utilizou-se o programa *SPSS* versão 13.0 para Windows. Não foi encontrada distribuição normal das variáveis (teste *Kolmogorov-Smirnov*). Foi realizada a análise descritiva das variáveis numéricas e categóricas dos grupos. Aplicou-se o teste de *Wilcoxon* para comparação das variáveis relacionadas e de *Mann-Whitney* para amostras independentes. Valores de $p < 0,05$ foram considerados como estatisticamente significantes.

4 – RESULTADOS

No período de outubro de 2013 a janeiro de 2014 foram selecionados 25 pacientes, sendo quatro excluídos pela não assinatura do TCLE pelos responsáveis legais. Foram incluídos finalmente 21 pacientes, onze pacientes foram randomizados para o **grupo PNI**, composto de sete homens e quatro mulheres e 10 homens foram randomizados para o **grupo TMIE**. Dois pacientes do **grupo TMIE** foram excluídos por apresentarem instabilidade hemodinâmica antecedente ao treino muscular, restando oito pacientes. O desfecho do **grupo TMIE** foi: sete indivíduos foram de alta da UTI e um a óbito. Enquanto o desfecho do **grupo PNI** foi: dez pacientes foram de alta da UTI e um foi a óbito (**Figura 1**).

Figura 1. Pacientes do estudo e os respectivos desfechos.



As características demográficas da população estudada e os escores de gravidade estão apresentados na **Tabela 2**. A mediana de idade da amostra foi de 58 anos e 46,5 anos, respectivamente para o **grupo PNI** e **TMIE**. Na análise descritiva das causas de intubação do **grupo TMIE**, 3 pacientes foram intubados por rebaixamento de nível de consciência e 3 por insuficiência respiratória aguda e apenas um em suporte ventilatório pós-operatório. No **grupo PNI**, 5 pacientes apresentaram como causa da intubação: rebaixamento de nível de consciência, 4 apresentaram insuficiência respiratória aguda e 2 pacientes estavam em suporte ventilatório pós-operatório. Não houve diferença significativa entre os grupos quando comparadas as variáveis demográficas e o escores de gravidade APACHE II e SOFA.

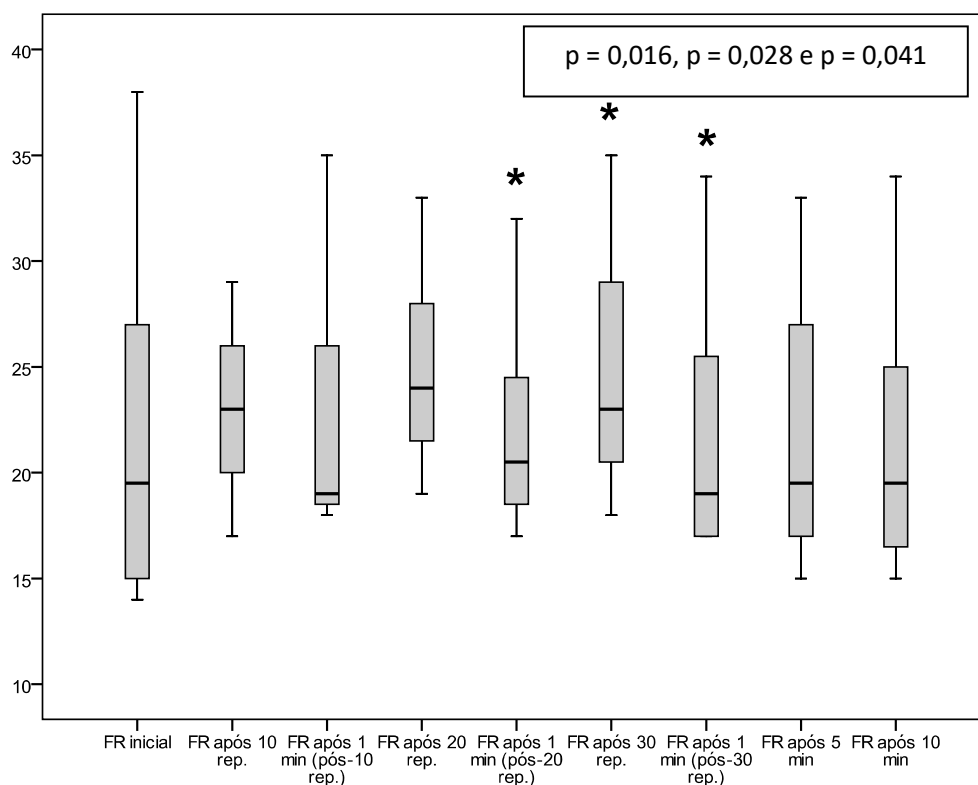
Tabela 2. Características demográficas, APACHE II e SOFA da população estudada.

| CARACTERÍSTICAS | VALORES | |
|--|--------------------|-------------------|
| | Grupo TMIE (n = 8) | Grupo PNI (n =11) |
| IDADE (ANOS) MEDIANA | 46,5 | 58,0 |
| GÊNERO | Masculino (n=8) | Masculino (n= 7) |
| | | Feminino (n=4) |
| CAUSA DA IOT | | |
| INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA AGUDA | n = 4 | n = 4 |
| REBAIXAMENTO NÍVEL CONSCIÊNCIA | n = 3 | n = 5 |
| PÓS-OPERATÓRIO | n = 1 | n = 2 |
| APACHE II (MÉDIA E DESVIO PADRÃO) | 20,2 ± 7,2 | 20,9 ± 5,4 |
| SOFA (MÉDIA E DESVIO PADRÃO) | 7,13 ± 5,8 | 7,7 ± 4,4 |

Legenda: TMIE – Treinamento Muscular Inspiratório Eletrônico; PNI – Programa de Nebulização Intermitente; APACHE II – Acute Physiology and Chronic Health Evaluation; SOFA – Sequential Organ Failure Assessment.

A análise dos valores hemodinâmicos e respiratórios foi registrada apenas no **grupo TMIE**, com intuito de avaliar a segurança do treinamento muscular respiratório proposto. Em relação à FR (**Gráfico 1**) e à PAM (**Gráfico 2**) SpO2

(**Gráfico 3**), observaram-se alterações significativas, no entanto dentro do limite de segurança descrito no critério de interrupção do treino. A PAM foi analisada após um minuto de cada repetição devido à dificuldade de se obter os valores imediatamente após o término das repetições, pois era dispendido certo tempo para aferição dos valores pelo monitor multiparamétrico. A variação da frequência cardíaca foi avaliada após cada término das repetições (10, 20 e 30 repetições) e após 1, 5 e 10 minutos do treino, apresentando valores estatisticamente significantes após a trigésima repetição e após um minuto da trigésima repetição, com p valores iguais a 0,02 e 0,04, respectivamente (**Gráfico 4**). Todos os valores hemodinâmicos e respiratórios foram comparados com os respectivos valores iniciais antes do início do treino.



Legenda: FR – Frequência Respiratória; rep. – repetições; min. – minutos.

Gráfico 1. Comportamento da FR durante TMIE.

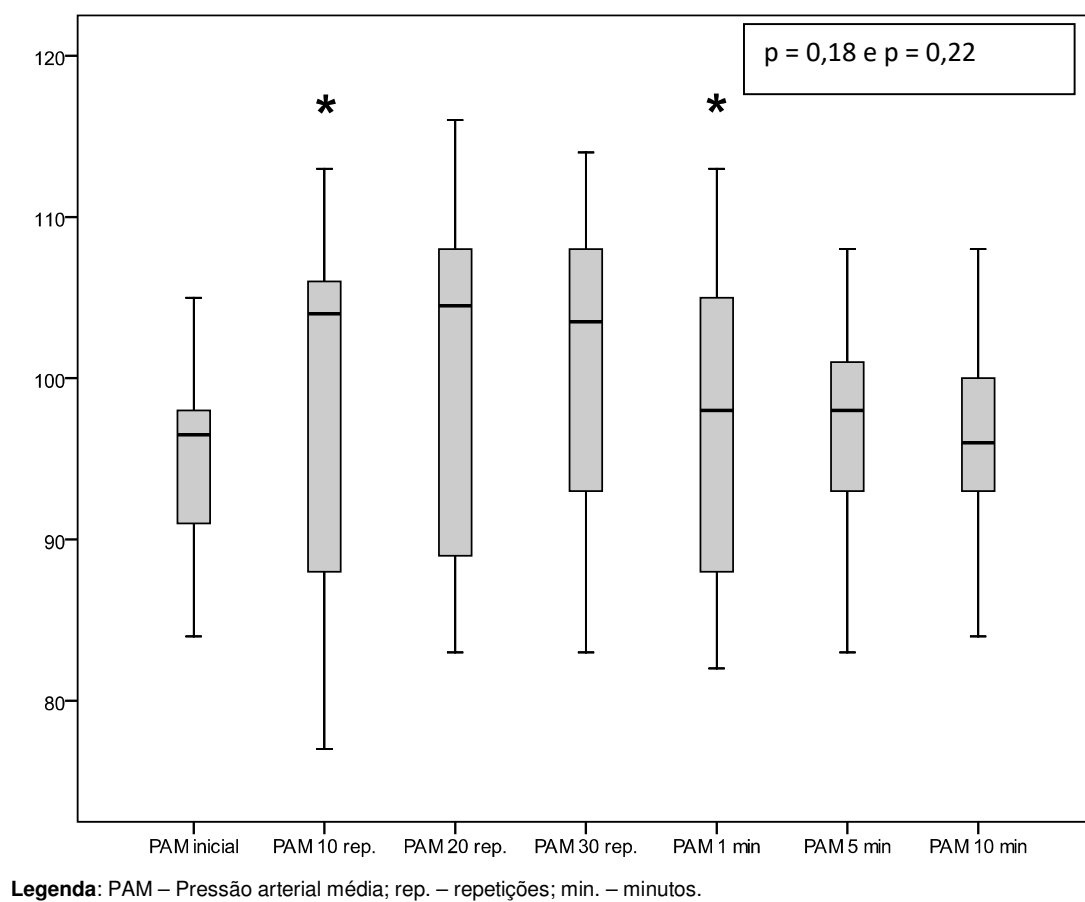
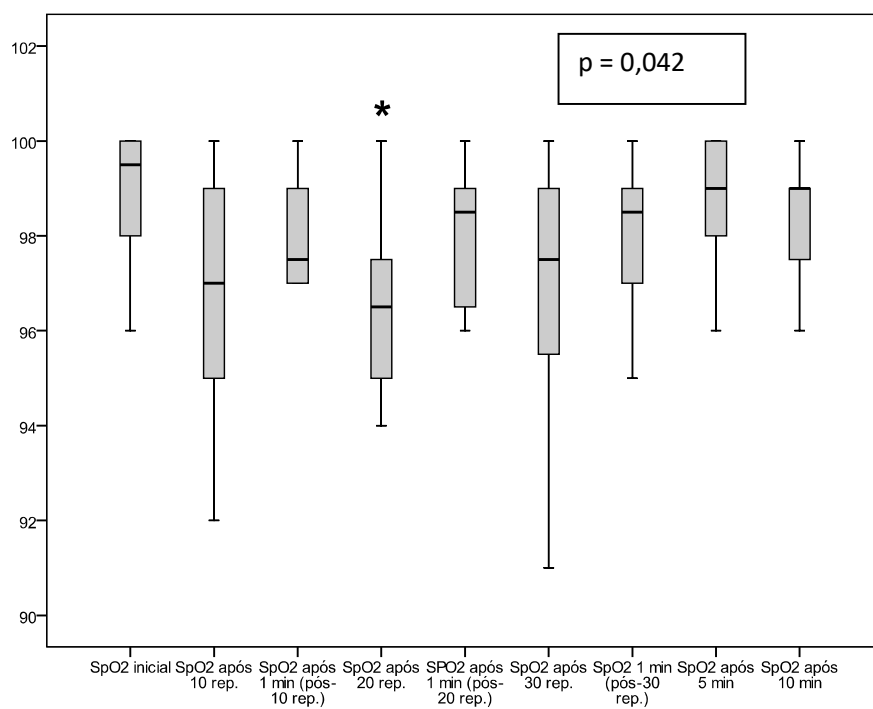
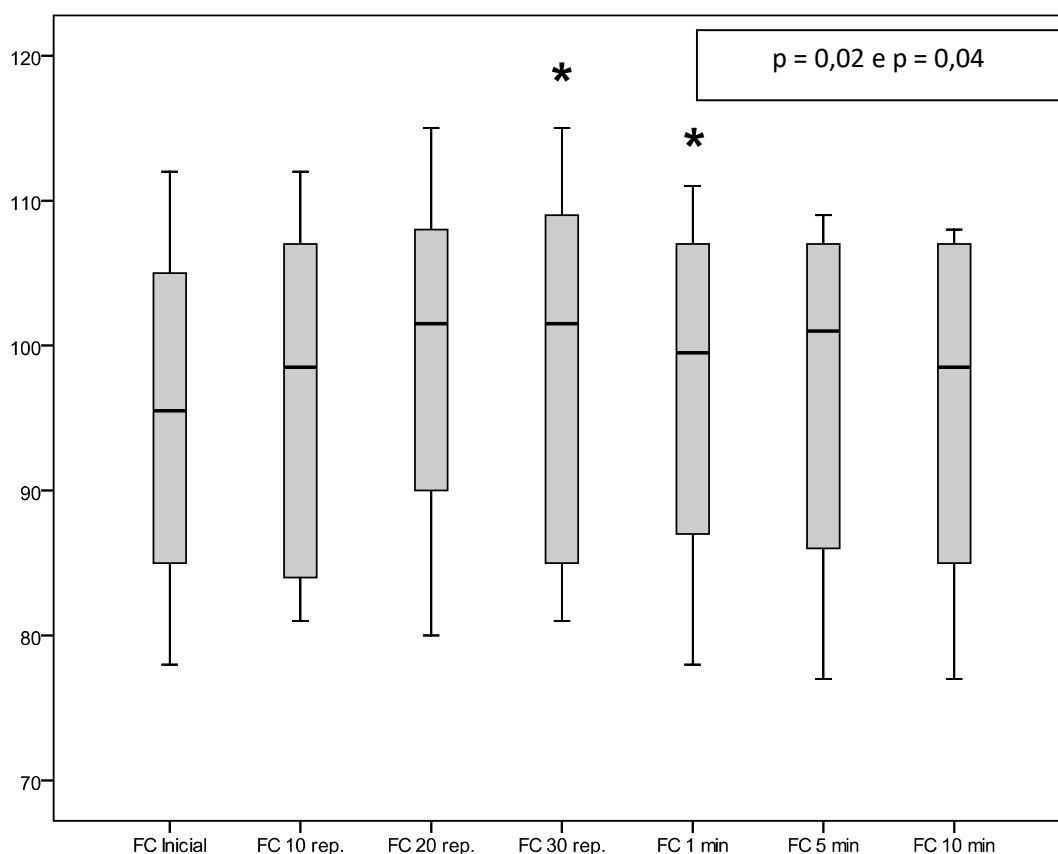


Gráfico 2. Comportamento da PAM durante TMIE.



Legenda: SpO₂ – Saturação periférica de oxigênio; rep. – repetições; min. – minutos.

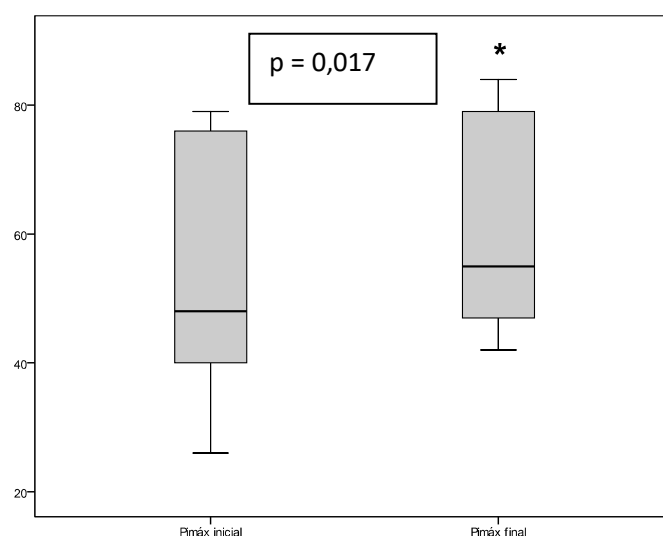
Gráfico 3. Comportamento da SpO₂ durante o TMIE.



Legenda: FC – Frequência Cardíaca; rep. – repetições; min. – minutos.

Gráfico 4. Comparação dos valores de FC inicial e final para o grupo TMIE.

Os valores de $PI_{\text{máx}}$ e IRRS estão representados na (**Tabela 4**). O valor da $PI_{\text{máx}}$ em módulo, no **grupo TMIE** apresentou aumento estatisticamente significativo comparado às medidas inicial e final do TMIE, com p valor igual a 0,017 (**Gráfico 5**). O valor da $PI_{\text{máx}}$ inicial e final do **grupo PNI** não apresentou significância estatística, com p igual a 0,304.



Legenda: PImax – Pressão Inspiratória máxima.

Gráfico 5. Comparação dos valores de PImax inicial e final para o grupo TMIE.

O tempo de ventilação mecânica não foi estatisticamente significativo entre os grupos, embora o **grupo PNI** tenha apresentado maior tempo de ventilação mecânica. Em relação ao tempo de desmame observou-se diferença estatística, sendo menor no **grupo TMIE** (Tabela 3).

Tabela 3. Dias de ventilação mecânica e do tempo de desmame nos dois grupos.

| | GRUPOS | | P valor |
|----------------------|---------|----------|---------|
| | TMIE | PNI | |
| Tempo de VM (dias) | 14,5±10 | 21,8±9,8 | 0,082 |
| Tempo Desmame (dias) | 3,5±1,6 | 9,4±6,47 | 0,0192 |

Legenda: TMIE – Treinamento Muscular Inspiratório Eletrônico; PNI – Programa de Nebulização Intermitente; VM – Ventilação Mecânica.

Os valores de Índice de respiração rápida e superficial (IRSS) não apresentaram diferença entre os valores iniciais e finais em ambos os grupos ($p = 0,49$ e $p = 0,249$, respectivamente para **grupo PNI** e **grupo TMIE**) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de média, desvio padrão e valores de p, nos dois grupos para o IRRS e PImáx.

| | Grupo PNI | | P valor | Grupo TMIE | | P valor |
|--------------------------------------|-----------|---------|--------------|------------|---------|--------------|
| | Antes | Depois | | Antes | Depois | |
| IRRS (Ciclos/min/L) | 97 ± 47 | 80 ± 34 | 0.49 | 49 ± 16 | 48 ± 10 | 0.249 |
| PImáx (cm H₂O) | 43 ± 16 | 53 ± 19 | 0.304 | 54 ± 20 | 61 ± 17 | 0.017 |

Legenda: IRRS – Índice de Respiração Rápida e Superficial; PImáx – Pressão inspiratória Máxima; Grupo TMIE – Grupo Treinamento Muscular Inspiratório Eletrônico; PNI – Programa de Nebulização Intermitente.

5 – DISCUSSÃO

Os resultados apresentados evidenciaram que o dispositivo eletrônico de TMI, *Powerbreathe®*, pode ser utilizado em pacientes sob VMI em UTI, através de um método padronizado de treinamento muscular inspiratório, sem alterações significativas dos parâmetros respiratórios e hemodinâmicos, o que representa a segurança do equipamento. Além disso, promoveu aumento significativo da PImáx. e menor tempo de desmame no grupo treinamento.

O grande número de pacientes que necessitam de traqueostomia devido ao desmame prolongado justifica a escolha da população do presente estudo, o que corrobora com o estudo de CADER²¹, e col. 2012, que aplicaram protocolo de treinamento muscular respiratório em pacientes intubados, com objetivo de aumento na taxa de sucesso da extubação, no entanto dos 198 pacientes selecionados para o estudo, apenas 28 foram randomizados, pois grande parte da população foi submetida à traqueostomia ou evoluiu para óbito.

A escolha do treinamento muscular respiratório com 30% da PImáx corrobora com os achados de BISSETT¹⁷ e col., 2015, que avaliaram pacientes ventilados mecanicamente por sete dias ou mais e que obtiveram sucesso no desmame ventilatório; verificaram que a endurance muscular respiratório apresentou-se reduzido em um terço desses pacientes, enquanto a fraqueza muscular inspiratória não se relacionou intimamente com a função muscular ou percepção do esforço respiratório logo após a retirada da ventilação mecânica.

CADER²² e col., 2010 aplicaram, em ensaio randomizado, TMI utilizando-se carga de 30% da PImáx, duas vezes ao dia, com acréscimo diário de 10% na carga de treino, com resultados positivos em aumento dos valores de PImáx, diminuição no tempo de desmame e 87,5% dos pacientes do grupo treinamento, receberam alta da UTI sem necessidade de suporte ventilatório, o que corrobora com o presente estudo que também apresentou diminuição do tempo de desmame no grupo TMIE, associado a aumento significativo da PImáx ($p=0,017$).

EPSTEIN²³ e col., 2002, analisaram em estudo prospectivo, pacientes que estavam dependentes da ventilação mecânica e que conseguiram atingir sucesso no desmame ventilatório, quando apresentavam em média, valores iguais a 40 cm de H₂O de P_{lmáx}, em detrimento dos pacientes que apresentavam falha no desmame com média de 20 cmH₂O de P_{lmáx}. No presente estudo, a média de P_{lmáx} inicial foi de 54 ± 20 cmH₂O e 43 ± 16 cmH₂O, respectivamente, para o Grupo TMIE e PNI, o que pode justificar a taxa de sucesso no desmame atingida pelos dois grupos.

JUBRAN²⁴ e col., 2013 analisaram pacientes que foram submetidos ao desmame ventilatório através de diminuição da pressão de suporte comparados a pacientes que utilizaram preferencialmente nebulização por tempos diários determinados. O tempo de desmame do grupo nebulização foi menor comparado ao grupo pressão de suporte. O protocolo PNI do presente estudo utilizou a mescla desses dois modos, com períodos de nebulização, intercalados com retorno à VM em pressão de suporte, o que pode ter acarretado o aumento no tempo de desmame desse grupo, comparado ao grupo TMIE.

O IRRS no presente estudo não apresentou diferença significativa nos dois grupos estudados e já apresentava valores preditivos de sucesso no desmame, diferentemente do estudo de CADER²² e col., 2010. As diferenças fundamentais entre os dois estudos estão no fato de que a população estudada no grupo de CADER²², 2010, era preferencialmente composta de indivíduos idosos, que possuíam menor tempo de ventilação mecânica e foram treinados ainda em IOT. Embora o protocolo de treinamento tenha sido semelhante, o desfecho favorável associado à diminuição significativa do valor do IRRS pode ter sido alcançado em função do menor tempo de VM da população e do treinamento precoce desses pacientes, o que não aconteceu no presente estudo, pois todos os pacientes eram traqueostomizados e tinham tempo de VM de $14,5 \pm 10$ dias no grupo TMIE. Além disso, o IRRS do grupo TMIE, do presente estudo, já se apresentava dentro do valor preditivo de sucesso no desmame ventilatório, em média de 49 ± 16 resp./min./L, no entanto os pacientes ainda não conseguiam ser descontinuados da VM sem protocolo de treinamento muscular respiratório.

A segurança do protocolo de TMIE em UTI foi verificada pela presente pesquisa, em consonância aos estudos de MARTIN¹³ e col., 2011; BISSETT¹⁶ e col., 2012; CONDESSA²⁵ e col., 2013 e PATSAKI²⁶ e col., 2013, que também aplicaram protocolos de TMI utilizando-se o dispositivo *threshold®* em pacientes dependentes de VM em UTI. A diferença desses estudos em relação à presente pesquisa se deve ao fato de que o dispositivo utilizado nas primeiras foi diferente do dispositivo eletrônico atual. A aplicação de dispositivo eletrônico se mostrou igualmente segura, em acordo com os referidos trabalhos, pois não alterou de forma significativa ou sustentada os parâmetros respiratórios e hemodinâmicos do paciente crítico, nem mesmo durante e após o procedimento.

A vantagem na utilização do dispositivo proposto se fez diante da possibilidade de registro do treinamento com maior detalhe e precisão de sua execução, visto que outros parâmetros podem ser analisados durante o treino como, por exemplo, o fluxo atingido e o valor do trabalho respiratório em Joules. Além disso, o equipamento eletrônico utiliza a tela de um computador portátil permitindo *feedback* das sessões de treino pelo paciente. Como inicialmente o equipamento eletrônico se destinou exclusivamente ao treino muscular inspiratório de atletas de alto rendimento (MAcCONNELL¹⁵, e col., 2010), se fundamentou o objetivo da pesquisa em determinar a segurança e aplicabilidade de um novo instrumento no desmame prolongado de pacientes críticos, candidatos a TMI.

A aplicabilidade do dispositivo eletrônico em pacientes gravemente enfermos ainda é escassa na literatura. SOUZA¹⁸ e col., 2014 em estudo de um caso, reportou sucesso no TMI utilizando dispositivo eletrônico, dentro do ambiente de unidade de cuidados intermediários para paciente dependente de VM, portador de doença neuromuscular, traqueostomizado e após 14 dias de ventilação mecânica. Os resultados foram descritos em função do aumento da PImáx, que em duas semanas apresentou incremento de 30 cm de H₂O, resultando em descontinuidade da VM durante o período diurno com decanulação da traqueostomia e utilização de VMNI. Concluíram, portanto em concordância ao presente estudo, que o treino muscular foi seguro, pois as variáveis

hemodinâmicas não se alteraram a ponto de interromper o TMI e não houve necessidade de administrar oxigênio suplementar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O treinamento muscular inspiratório com dispositivo eletrônico não alterou a hemodinâmica e não deteriorou a condição respiratória dos pacientes e promoveu aumento da $PI_{máx}$ com menor tempo de desmame, no grupo treinado.

DIFICULDADES DO ESTUDO

A aplicação de um protocolo diário, duas vezes ao dia, só foi possível com auxílio de muitos pesquisadores que determinados a esclarecer o papel de um novo dispositivo de treino eletrônico em UTI, nos ajudaram a desenvolver o trabalho em parceria.

Alguns pacientes relataram cansaço, pelo fato de terem sido submetidos, duas vezes ao dia, a procedimentos adicionais àqueles já aplicados no ambiente de UTI, o que impedia intervalos de descanso, seja pelo excesso de manipulação, seja pela necessidade clínica de assistência e vigilância constantes.

6 – CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a utilização de dispositivo eletrônico para treinamento inspiratório foi seguro, pois não repercutiu desfavoravelmente na hemodinâmica e nos parâmetros ventilatórios dos indivíduos estudados. Além disso, promoveu um aumento da $PI_{máx}$ e promoveu menor tempo de desmame quando comparado aos pacientes do grupo PNI.

7 - REFERÊNCIAS

1. França DC, Apolinário AQ, Velloso M, Parreira VF. Reabilitação pulmonar na unidade de terapia intensiva: revisão de literatura. **Fisioter Pesq.** 2010; 17(1): 81-7.
2. Tobin MJ, Laghi F, Jubran A. Ventilator-induced respiratory muscle weakness. **Ann Intern Med.** 2010 Aug; 153(4): 240-245.
3. Levine S, Nguyen T, Taylor N *et al.* Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. **N Engl J Med.** 2008; 358(13): 1327-35.
4. Hermans G, Agten A, Testelmans D *et al.* Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study. **Crit Care** 2010; 14: R127.
5. Rolim JFC, de Moraes NHL, Uchôa JR Jr. Variáveis hemodinâmicas, hemogasométricas e respiratórias em pacientes cardiopatas submetidos ao teste de respiração espontânea. **Fisioter Mov.** 2011 out/dez; 24(4): 673-82.
6. Meade M, Guyatt G, Griffith L *et al.* – Introduction to a series of systematic reviews of weaning from mechanical ventilation. **Chest**, 2001; 120: (Supl.6): S396-S39.
7. Aranha SC, Mataloun SE, Moock M, RIBEIRO R. Estudo comparativo entre traqueostomia precoce e tardia em pacientes sob ventilação mecânica, **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, 2007;19(4): 444-449.
8. Barbas CS, Ísola AM, Farias AM e col. Diretrizes brasileiras de ventilação mecânica – Parte 2, **J Bras Pneumol.** 2014; 40(5): 458-486.
9. Brochard L, Thille AW. What is the proper approach to liberating the weak from mechanical ventilation? **Crit. Care Med.** 2009; 37(10): S410 -15.

10. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, *et. al.* Characteristics and Outcomes in Adult Patients Receiving Mechanical Ventilation. A 28-Day International Study. **JAMA**. 2002; 287(3): 345-355.
11. França EET, Ferrari F, Fernandes P, Cavalcanti R, Duarte A, Martinez BP, e col. Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento de Fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira. **Rev Bras Ter Intensiva**. 2012; 24(1): 6-22.
12. Smith BK, Gabrieli A, Davenport PW *et. al.* Effect of training on inspiratory load compensation in weaned and unweaned mechanically ventilated ICU patients. **Resp Care**. 2014; 59(1): 22-31.
13. Martin AD, Smith BK, Danvempot PD, *et. al.* Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. **Crit. Care**. 2011; 15 R84.
14. Bissett B., Leditschke IA Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: a case series. **Intensive Crit Care Nurs**. 2012 Apr; 28(2):98-104. doi: 10.1016/j.iccn.2012.01.003. Epub 2012 Feb 15.
15. McConnell, AK. & Griffiths LA. Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. **Med. Sci. Sports Exerc**. 2010; 42, (9): 1696–1703.
16. Bissett B, Leditschke IA, Paratz J, *et. al.* Protocol: inspiratory muscle training for promoting recovery and outcomes in ventilated patients (IMPROVe): a randomized controlled trial. **BMJ**. 2012; 2: 1-5.
17. Bissett B, Leditschke IA, Neeman T, *et. al.* Weaned but weary: one third of adult intensive care patients mechanically ventilated for 7 days or more have impaired inspiratory muscle endurance after successful weaning. **Heart & Lung** 2015; 44: 15-20.

- 18.Souza LC, Campos JF, Daher LP, e col., Mechanical ventilation weaning in inclusion body myositis: feasibility of isokinetic inspiratory muscle training as an adjunct therapy. **Case Report Crit Care** 2014.
- 19.Stiller K, Phillips A. Safety aspects of mobilizing acutely ill in patients. **Physiother Theory Pract.** 2003; 19(4):239-57.
- 20.Denehy L, Berney S. Physiotherapy in the intensive care unit. **PhysTher Rev.** 2006; 11(1):49-56.
- 21.Cader SA. E col., Extubation process in bed-ridden elderly intensive care receiving inspiratory muscle training: a randomized clinical trial. **Clinical Interv. In Aging** 2012, 7: 437-42.
- 22.Cader SA. e col., Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomized trial, **Journal of Physiotherapy** 2010, 56: 171-177.
- 23.Epstein CD, El-Mokadem N, Peerless JR, Weaning older patients from long-term mechanical ventilation: a pilot study. **Am. J Crit Care** 2002; 11: 369-377.
- 24.Jubran A, Grant BJB, Duffner LA, Collins EG, Lanuza DM, Hoffman LA, Tobin MJ, Effect of pressure support vs unassisted breathing through a tracheostomy collar on weaning duration in patients requiring prolonged mechanical ventilation. **JAMA** 2013; 309 (7): 671-77.
- 25.Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR, Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomized trial. **Journal of Physiotherapy** 2013, 59: 101-107.
- 26.Patsaki I, Papadopoulos E, Sidiras G, Christakou A, Kouvarakos A, Markaki V, The effectiveness of inspiratory muscle training in weaning critically ill patients from mechanical ventilation. **Hosp. Chron.** 2013, 8 (2): 86-90.

8 - ANEXOS

ANEXO 1. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

NOME DO PROJETO: "DESMAME VENTILATÓRIO EM UTI: AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES INSPIRATÓRIAS MÁXIMAS E TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO COM O EQUIPAMENTO POWERBREATHESM

RESPONSÁVEIS: Rodrigo Marques Tonella, Lúgia dos Santos Roceto

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Luis Eiras Falcão

CO-ORIENTADORES: Prof. Dr. Sebastião Araújo

O seu familiar é convidado (a) a participar de um trabalho de pesquisa que será desenvolvido aqui na Unidade de Terapia Intensiva do Hospital das Clínicas da Unicamp (HC) na cidade de Campinas e necessitará de sua autorização, pois ele (a) não está em condições de responder por si.

JUSTIFICATIVA E OBJETIVO DA PESQUISA

Os pacientes internados na UTI gastam mais energia para sobreviver e por isso precisam de uma alimentação especial. Além disso, necessita de uma máquina para respirar, por não conseguirem respirar sozinhos de forma efetiva. Para que a respiração entre o paciente e a máquina aconteça de forma conjunta, os pacientes precisam utilizar tranquilizantes para permanecerem dormindo.

Como o paciente faz uma força menor para respirar durante esse período, acabam perdendo força muscular, inclusive dos músculos responsáveis pela respiração.

Diante disso, é necessário a avaliar a força e treinar os músculos respiratórios para julgamos se o paciente é capaz de respirar sem ajuda da máquina e ajuda-lo a não depender dessa máquina o quanto antes.

PESSOAS QUE PARTICIPARÃO DA PESQUISA

Participarão do estudo os pacientes que estiverem utilizando traqueostomia ou tubo na garganta, com idade acima de 18 anos e com pressão arterial normal.

PROCEDIMENTO A QUE SEU FAMILIAR SERÁ SUBMETIDO

Será realizado o preenchimento de uma ficha, onde constam dados relacionados ao paciente, dados relacionados à traqueostomia ou tubo, tempo que o paciente permaneceu sedado, e valores do ventilador artificial, que serão colhidos diariamente, a partir do momento que o paciente fizer a traqueostomia (com o respirador apenas auxiliando) até o momento em

que o paciente conseguir respirar sem a máquina. Além dos dados colhidos, também será feita a verificação da pressão inspiratória máxima, para monitorizarmos como se comporta a força da musculatura respiratória durante o processo de retirada da máquina.

BENEFÍCIOS ESPERADOS, RISCOS E DESCONFORTOS

Com a verificação periódica da pressão inspiratória máxima, a partir do momento em que o paciente está respirando apenas com o auxílio do respirador, estaremos monitorizando o comportamento da força da musculatura respiratória e saberemos se o paciente será capaz de respirar sem se cansar quando o respirador não precisar mais ser usado. Além disso, o treinamento muscular inspiratório poderá proporcionar a saída mais rápida do paciente da ventilação mecânica e pode significar alta da UTI. Não haverá riscos adicionais para você ao participar deste estudo, pois o aparelho é seguro. Como desconforto, o treino pode provocar uma rápida sensação de falta de ar e batadeira no peito, como qualquer treinamento e se isso persistir o paciente retornará na hora para a máquina para descansar.

OUTRAS INFORMAÇÕES

1. Você tem a garantia de receber qualquer informação adicional ou esclarecimento que julgar necessário, a qualquer momento do estudo sobre seu familiar.
2. O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) tem a função de receber reclamações e denúncias sobre o que ocorre na pesquisa.
3. A sua recusa em participar do estudo não trará qualquer prejuízo ao tratamento do seu familiar.
4. Você estará livre para cancelar a autorização referente ao estudo a qualquer momento, mesmo que você tenha consentido inicialmente.
5. As informações obtidas pelo estudo serão estritamente confidenciais, estando garantido anonimato de seu parente e privacidade na apresentação ou divulgação dos resultados.
6. Você pode receber informações sobre o projeto em qualquer momento através dos telefones e endereços dos pesquisadores abaixo listados, basta ligar.
7. Não haverá compensações financeiras, nem qualquer tipo de custo adicional ao seu familiar ou a você, sendo sua permissão e autorização para realização do estudo absolutamente livre e voluntária.
8. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCM Unicamp, parecer número 379.111 e pelo diretor médico da UTI, Dr. Antonio Luis Eiras Falcão.

Tendo lido, compreendido e estando suficientemente esclarecido sobre os propósitos do estudo a que meu familiar.....registro nº....., foi convidado a participar, Eu.....anos, RG nº....., residente à rua:, telefone nº, concordo com o presente termo de consentimento pós-informação, datando e assinando abaixo.

Campinas, dede 201.....

Responsável:

Pesquisadores

Rodrigo Marques Tonella, Fisioterapeuta da UTI adulto do Hospital das Clínicas (HC) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Departamento de Cirurgia da FCM. Contato: (19) 99156-2113;

Lígia dos Santos Roceto, Fisioterapeuta da UTI adulto do Hospital das Clínicas (HC) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Departamento de Cirurgia da FCM. Contato: (19) 98137-1471;

Antonio Luis Eiras Falcão chefe da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital de Clínicas (UTI-HC-UNICAMP). Contato (19) 996355363

Comitê de Ética em Pesquisa FCM/Unicamp: Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126 – CEP 13083-887, Campinas – SP. Fone (019) 3521-8936 ou 3521-7187 e-mail: cep@fcm.unicamp.br

ANEXO 2. FICHA DE COLETA DE DADOS

FICHA DE AVALIAÇÃO

DADOS PESSOAIS

Nome: _____ HC: _____

Idade (anos): _____ Sexo: _____ Peso ideal na admissão (Kg): _____ Altura: _____
Procedência: _____

HD: _____

Especialidade: Clínica () Cardiologia () Cx cardíaca () Tx () Neuroclínica ()
Neurocirurgia () Cirurgia do trauma ()

Internação na instituição: ____/____/____ Admissão na UTI: ____/____/____

Setor de origem do paciente: CC () Enfermaria () PS () Outro serviço ()

Intubação: ____/____/____ Motivo: IRpA () IRpA pós VNI () ↓Nível de Consciência () PCR ()
PO ()

TUBO OROTRAQUEAL

Dias de TOT na 1ª avaliação fisioterapêutica:

Número do TOT: _____ Rima: _____ Pressão do cuff: _____

Interrupção da sedação: ____/____/____ Motivo: Janela neurológica () Desmame ventilatório ()

Índices preditivos de desmame: IRRS: _____ PImáx: _____ Tubo T: _____

Extubação: ____/____/____ Tempo para extubação ____ horas/dias

Reintubação: ____/____/____ Motivo: IRpA () IRpA pós VNI () ↓Nível de Consciência () PCR ()
PO ()

TRAQUEOSTOMIA

Data da realização da TQT: ____/____/____

Motivo: Glasgow ≤ 8 () Desmame difícil () Edema VAS () Cx cabeça e pescoço ()

Dias de TQT na 1ª avaliação fisioterapêutica: _____ Número do TQT: _____ Pressão do cuff: _____

Parâmetros ventilatórios: Modalidade_____, Modo_____, VC_____,
VCexp_____, PC_____, PEEP_____, Tins_____, RI:E_____, FiO₂_____, PSV_____, S_____,
FR____/____, PIT_____, C_____, R_____, fluxo_____, SpO₂_____

Interrupção da sedação: ____/____/____ Motivo: Janela neurológica () Desmame ventilatório ()

Data da interrupção total: ____/____/____

Início do desmame: ____/____/____ 1ª vez que abriu ESP, com qual PSV_____

Situação atual do desmame: Esp PSV=10 () EspPSV≤20 () SIMV () A/C () PNI ()

EXAMES

Raio X ____/____/____ Período do desmame:

Tomo ____/____/____ Período do desmame:

ECO: ____/____/____ Período do desmame:

DESFECHO

Tempo total de desmame: _____ dias (desde a abertura da ESP até 48 h fora da máquina)

Tempo internação na UTI: _____ Tempo de internação hospitalar até a

alta: _____ Óbito: ____/____/____

Observações: _____

| | | | | | |
|-------------------------|----|--|--|--|--|
| Aspiração | | | | | |
| GASOMETRIA | | | | | |
| pH | | | | | |
| PaO ₂ | | | | | |
| PaCO ₂ | | | | | |
| HCO ₃ | | | | | |
| BE | | | | | |
| SpO ₂ | | | | | |
| Hb | | | | | |
| Lac | | | | | |
| MEDIDAS | | | | | |
| P_{Imáx} | | | | | |
| P_{eMáx} | | | | | |
| IT | Fr | | | | |
| | Vc | | | | |
| | Vm | | | | |
| IT = | | | | | |
| Carga no Power | | | | | |
| TERAPIAS | | | | | |
| DVA'S | | | | | |
| Seda/Analg | | | | | |
| Diuréticos | | | | | |
| Medicações | | | | | |
| ATB | | | | | |

ANEXO 3. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: DESMAME VENTILATÓRIO EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA (UTI):
AVALIAÇÃO DAS PRESSÕES INSPIRATÓRIAS MÁXIMAS E TREINAMENTO
MUSCULAR INSPIRATÓRIO COM O EQUIPAMENTO POWERBREATHE®.

Pesquisador: Rodrigo Marques Tonella

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 16519913.4.0000.5404

Instituição Proponente: Hospital de Clínicas da UNICAMP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 403.626

Data da Relatoria: 16/09/2013

Apresentação do Projeto:

Estudos têm demonstrado que há relação entre a fraqueza dos músculos inspiratórios e a dificuldade no desmame e, além disso, o grau dessa fraqueza pode estar relacionado ao tempo prolongado de ventilação mecânica. O equipamento powerbreathe® é um dispositivo portátil que visa mensurar a força, treinar os músculos inspiratórios, além de ser capaz de fornecer informações sobre o trabalho e potência muscular inspiratória durante o treinamento

Objetivo da Pesquisa:

- Implementar um protocolo de Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) com o equipamento powerbreathe®, em pacientes em entubação e traqueostomia, sob ventilação mecânica (VM).
- Comparar a aplicação desse TMI com o sistema de nebulização intermitente da instituição, através da verificação do tempo de desmame e de internação hospitalar.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos aos quais os pacientes sob estudo podem estar expostos são mínimos e previstos na literatura. Contudo, podem ocorrer elevações da pressão arterial, da frequência cardíaca, queda da saturação periférica de oxigênio ou aumento da frequência respiratória. Em situações em que

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

FACULDADE DE CIENCIAS
MEDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



Continuação do Parecer: 403.626

ocorram alterações superiores a 20% do basal, o treinamento muscular inspiratório será imediatamente interrompido.

Benefícios:

A partir da implementação do programa proposto, espera-se observar não somente a redução do tempo de internação em UTI hospitalar, como também promover melhora da funcionalidade do músculo diafragma nos pacientes em desmame ventilatório, traduzido pelo menor tempo de utilização de ventilação mecânica. Além disso, é esperado que os comprometimentos associados aos pacientes em desmame difícil sejam reduzidos com o treinamento muscular inspiratório e consequente possibilidade de restabelecimento de suas atividades e funções vitais.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

As solicitações propostas pelo colegiado e relator foram atendidas. O TCLE foi reformulado e está adequado. Os riscos e benefícios são informados no documento.

Pesquisadores anexaram a autorização para a pesquisa, assinada pelo responsável pela UTI de adultos do HC-UNICAMP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

FORAM APRESENTADOS: folha de rosto devidamente assinada, projeto detalhado, projeto gerado pela Plataforma Brasil, TCLE reformulado e adequado e carta de autorização para estudo, assinada pelo médico responsável pela UTI-Adultos do HC- Unicamp.

Os documentos estão adequados e atendem às recomendações da Resolução 466-2012-CNS/MS.

Recomendações:

No TCLE, corrigir o número do parecer de aprovação deste CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado, após resolução de pendências.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

FACULDADE DE CIENCIAS
MEDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



Continuação do Parecer: 403.626

CAMPINAS, 23 de Setembro de 2013

Assinador por:
Fátima Aparecida Bottcher Luiz
(Coordenador)

ANEXO 4. PUBLICAÇÕES EM ANAIS DE CONGRESSO***EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL***

VOLUME 44 / SUPPLEMENT 58 / SEPTEMBER 2014

**EUROPEAN
RESPIRATORY *journal***

OFFICIAL SCIENTIFIC JOURNAL OF THE ERS

Abstracts / *24th International Congress*
Munich, Germany 6 –10 September 2014

Online ISSN: 1399-3003

**ERS**EUROPEAN
RESPIRATORY
SOCIETY

every breath counts

Copyright for individual abstracts remains with the authors.

This abstract supplement has been produced electronically by the European Respiratory Society. The European Respiratory Society is not responsible for errors or omissions in content. The ideas and opinions expressed in this publication do not necessarily reflect those of Coe-Truman and the European Respiratory Society. Products mentioned in this publication should not be construed as an endorsement of the product or the manufacturer's claims. Readers are encouraged to contact the manufacturer with any questions about the features or limitations of the products mentioned. The European Respiratory Society assumes no responsibility for any injury and/or damage to persons or property arising out of or related to any use of the material contained in these abstracts. The reader is advised to check the appropriate medical literature and the product information currently provided by the manufacturer of each drug to be administered to verify the dosage, the method and duration of administration, or contraindications. It is the responsibility of the treating physician or other health care professional, relying on independent experience and knowledge of the patient, to determine drug dosages and the best treatment for the patient. An effort has been made to check generic and trade names, and to verify drug doses. The ultimate responsibility, however, lies with the prescribing physician. Please convey any errors to scientific@ersnet.org.

Citations should be made in the following way: **Authors. Title. Eur Respir J 2014; 44: Suppl. 58, abstract number.**

| | |
|--|---|
| 427. Assessment and techniques of physiotherapy: from healthy subjects to critical patients | 2 |
| 4297: A new device for inspiratory muscle training in patients with tracheostomy tube in ICU: A randomized trial | 2 |

427. Assessment and techniques of physiotherapy: from healthy subjects to critical patients

4297

A new device for inspiratory muscle training in patients with tracheostomy tube in ICU: A randomized trial

Juarez Alonso Breda Sand¹, Rodrigo Tonella¹, Ligia Santos Roceto¹, Lilian E.B. Delazari¹, Luciana Castilho¹, Antonio Luis Eiras Falcão¹, Paula S. Silva¹
¹Physiotherapy and Medical Clinic, Unicap, Campinas, Brazil

Background: Evaluation and training of the respiratory muscles are essential to reducing time of weaning invasive mechanical ventilation (VMI) in intensive care units (ICU). Powerbreathe® is indicated for inspiratory muscle training (IMT) with a progressive resistance and adjustable load in respiratory disease patients. **Objective:** Compare the inspiratory muscle strength between two groups of tracheostomy patients: IMT with Powerbreathe® and breathing through a humidified T-piece (T-tube). **Methods:** 25 tracheostomy patients were selected under VMI and randomized into two groups: T-tube (control) and IMT with Powerbreathe®. Patients of both groups received respiratory physical therapy and the MIP measurements with a digital manometer (MVD300, Globalmed®), with a one-way valve connected to tracheostomy, with occlusion for 20 seconds. In control group patients underwent T-tube until complete 48 hours of continuous nebulization. In the IMT group was used Powerbreathe® KH2 model (Powerbreathe®, IMT Technologies Ltd., Birmingham, England) for 30 cycles (three sets of 10 cycles with 1 minute interval between them), adjusted load 30% of the initial MIP, increasing 10% daily. For statistical analysis, were applied Wilcoxon test for comparison of related and Mann-Whitney test for independent samples variables. P values <0.05 were considered statistically significant. **Results:** Of 19 patients, 8 in the IMT group with 7 men and 11 in the control, with 8 men. Were increased final MIP compared to initial in IMT group (p=0.017), with no significant difference for the control group (p=0.304). **Conclusion:** The IMT with Powerbreathe® in tracheostomy patients promotes increased muscle strength.

REVISTA BRASILEIRA DE TERAPIA INTENSIVA



AMIB
ASSOCIAÇÃO DE MEDICINA
INTENSIVA BRASILEIRA

RBTI

ISSN 0103-507X

spci
SOCIEDADE PORTUGUESA DE
CUIDADOS INTENSIVOS

Suplemento I
2014

Revista Brasileira de Terapia Intensiva
BJIC Brazilian Journal of Intensive Care

CBMI XIX CONGRESSO
BRASILEIRO DE
MEDICINA INTENSIVA
GOIÂNIA - 2014

Resumos dos trabalhos
científicos apresentados no
**XIX CONGRESSO BRASILEIRO
DE MEDICINA INTENSIVA**

Apresentação oral

S9

Resultados: Na análise intergrupo, o grupo experimental percorreu uma maior distância no teste de caminhada dos seis minutos ($p=0,05$). Já o tempo de internação na unidade de terapia intensiva e hospitalar não demonstrou diferença significativa entre os grupos pesquisados.

Conclusão: A ventilação não invasiva como recurso terapêutico no pós-operatório de revascularização do miocárdio promove um incremento no condicionamento cardiopulmonar dos pacientes, e não influencia no tempo de internamento do paciente, seja na unidade de terapia intensiva ou hospitalar.

A0-004

Correlation between chest radiograph and serum brain natriuretic peptide levels in patients presenting with respiratory failure

Michel Pordeus Ribeiro, Rogerio da Hora Passo, Conrado Rios de Souza Gomes, Paulo Benigno Pena Batista

Hospital São Rafael - Salvador (BA), Brasil

Objective: Serum pro brain natriuretic peptide (proBNP) levels are currently in widespread use in clinical setting to aid in differentiating between dyspnea secondary to congestive heart failure (CHF) versus other causes. Measurements of the vascular pedicle width (VPW) >70 mm and cardio-thoracic ratio (CTR) $>0,55$ on chest X-ray (CXR) also have been shown to correlate with patients volume status. The purpose of the study is to describe the correlation between objective findings on AP-CXR with pro BNP levels and to assess their accuracy in predicting pro BNP levels.

Methods: Retrospective chart review of patients presented with respiratory failure in whom a serum BNP and CXR was available.

Results: 42 patients were evaluated. Mean age was 65 ± 6 years, mean ejection fraction (%) was $65 \pm 12,6$, mean pro BNP was 971 ± 1087 pg/mL, mean VPW was $71,4 \pm 11,8$ mm and mean CTR was $0,65 \pm 0,007$. Overall, there was a correlation between BNP and VPW ($r^2=0,6$) but none between pro BNP and CTR ($r^2=0,2$). Using a cutoff point of VPW >75 the sensitivity and specificity for predicting a pro BNP of >230 was 82% and 95%, respectively. The positive likelihood ratio was 16 whereas the negative likelihood ratio was 0.19. The proBNP levels for different categories of VPW (<70 and >70) were statistically different.

Conclusion: VPW >75 correlates with serum BNP levels and may therefore obviate the need for obtaining a separate BNP level.

A0-005

É seguro o treino dos músculos respiratórios em pacientes entubados em unidade de terapia intensiva com powerbreathe®?

Rodrigo Marques Tonella, Aline Ribeiro da Silva Herran, Antonio Luis Eiras Falcão, Carlos Fontes Junior, Ivete Alonso Saad, Lígia dos Santos Roceto Ratti, Luciana Castilho de Figueiredo

Hospital das Clínicas, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Campinas (SP), Brasil; Unidade de Terapia Intensiva, Hospital das Clínicas, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Campinas (SP), Brasil

Objetivo: Avaliar as alterações hemodinâmicas e ventilatórias durante o TMI em pacientes entubados.

Métodos: 19 pacientes entubados foram randomizados em envelope fechado para dois grupos: o grupo experimental GE que recebeu fisioterapia convencional além de TMI com *powerbreathe* e o grupo controle GC, que recebeu apenas fisioterapia convencional. O protocolo experimental do TMI consistiu de uma carga inicial de 30% da pressão inspiratória máxima, que foi aumentado 10% diariamente. O treinamento foi administrado duas vezes ao dia, desde o início do desmame até a extubação. Uma vez ao dia, pacientes do GC foram avaliados quanto à: frequência respiratória, saturação periférica de oxigênio, frequência cardíaca e pressão arterial média. No GE as mesmas variáveis foram avaliadas durante o TMI. Para análise estatística foram aplicados os testes de Wilcoxon e Mann-Whitney para variáveis independentes.

Resultados: Foram incluídos 19 pacientes, 10 pacientes no GC e 9 pacientes no GE. Não houve alterações estatisticamente significativas nos valores das variáveis hemodinâmicas durante o TMI no GE para frequência cardíaca, Pressão arterial média, Saturação periférica de oxigênio e frequência respiratória, respectivamente com P valores de 0,23; 0,28; 0,285 e 0,83.

Conclusão: O uso do *powerbreathe*® para TMI de pacientes intubados não gerou instabilidade hemodinâmica, sendo um protocolo seguro de ser aplicado em UTI.

A0-006

Efeito protetor da dexametasona avaliado 24 horas após lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica em ratos Wistar

Fernando Fonseca dos Reis, Aydra Mendes Almeida Bianchi, Bruno do Valle Pinheiro, Leda Marília Fonseca Lucinda, Lidia Maria Carneiro da Fonseca, Manfrinni Vinicius Alves Silva, Maria Aparecida Esteves Rabelo, Maycon de Moura Reboredo

Núcleo de Pesquisa em Pneumologia, Universidade Federal de Juiz de Fora - Juiz de Fora (MG), Brasil

Objetivo: Avaliar o efeito protetor da dexametasona vinte e quatro horas após a indução de lesão pulmonar pela ventilação mecânica em ratos.

Métodos: Estudo experimental prospectivo, randomizado, controlado, conduzido no Laboratório de Investigação Pulmonar da UFJF, Brasil. Doze ratos Wistar machos, pesando entre 250-350 gramas foram randomizados para os grupos: ventilação lesiva ($n=6$) ou ventilação lesiva com dexametasona ($n=6$, medicados com dexametasona intraperitoneal 30 minutos antes do procedimento). Após anestesia os animais foram intubados e ventilados no modo volume controlado, volume corrente 35 ml/Kg, PEEP 0 cmH₂O, frequência respiratória 18 rpm/mim, FiO₂ 100%. Após uma hora de ventilação mecânica os animais foram extubados. 24 horas após a ventilação, os animais foram novamente anestesiados, traqueostomizados, puncionado carótida e ventilados por 10

Apresentação e-pôster

Insuficiência Respiratória e Ventilação Mecânica

EP-001

Análise do desfecho da desintubação em unidade de terapia intensiva pediátrica de um hospital público do Distrito Federal

Kiara Teixeira Tiago de Melo, Raquel Andrade Sousa, Alessandra Guimarães Marques, Flavia Vieira Padilha, Giselle Marques Borba Fernandes, Paula Ferreira Dias Chaves Farias

Hospital Regional de Santa Maria - HRSM - Brasília (DF), Brasil

Objetivo: Avaliar o índice de sucesso e insucesso na desintubação de pacientes pediátricos submetidos à ventilação mecânica.

Métodos: Estudo descritivo retrospectivo de agosto/2013 a junho/2014. Foram avaliados 45 pacientes intubados e submetidos à ventilação mecânica (VM), internados na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) do Hospital Regional de Santa Maria/DF. Foi considerado sucesso a permanência, sem retorno à ventilação mecânica, superior a 48 horas após a desintubação, seguindo protocolo da unidade.

Resultados: Nos 45 pacientes avaliados, ocorreram 61 desintubações, destas foram 50 (82%) sucessos e 11 (18%) insucessos. Os casos de insucesso ocorreram em apenas 6 (13%) pacientes, sendo que 3 foram submetidos à mais de uma desintubação e à traqueostomia, posteriormente.

Conclusão: Foi observado que a taxa de insucesso da UTIP do Hospital Regional de Santa Maria/DF está abaixo da descrita na literatura, porém, ainda assim faz-se necessário a revisão dos protocolos de desmame ventilatório e dos critérios de desintubação, bem como da indicação de traqueostomia de acordo com a patologia. Dessa forma espera-se reduzir a necessidade de reintubações, o tempo de ventilação mecânica e o tempo de internação, consequentemente otimizando a disponibilidade de leitos de UTI.

EP-002

Avaliação das alterações hemodinâmicas e respiratórias durante o treinamento muscular inspiratório com *powerbreathe*® em pacientes traqueostomizados na unidade de terapia intensiva

Paulo Sergio Santos Oliveira, Rodrigo Marques Tonella, Antonio Luis Eiras Falcão, Lígia dos Santos Roceto Ratti, Lilian Elisabete B. Delazari, Luciana Castilho de Figueiredo, Núbia M. F. V. Lima, Paula L. Silva

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - Campinas (SP), Brasil

Objetivo: Avaliar e descrever as alterações hemodinâmicas e ventilatórias durante o treinamento muscular inspiratório (TMI) com o *Powerbreathe*® em pacientes traqueostomizados. Além disso, comparar a força muscular inspiratória entre dois grupos estudados.

Métodos: Estudo prospectivo, randomizado, composto por pacientes traqueostomizados internados na UTI/HC/ UNICAMP, entre outubro/2013 a janeiro/2014. Foram incluídos 19 pacientes, com idade superior a 18 anos,

sob VMI, sem sedação, estáveis hemodinamicamente, $PaO_2=60$ mmHg e $FiO_2=0,6$. Dividiu-se a amostra em dois grupos: controle (8 pacientes) e TMI (11 pacientes) com *Powerbreathe*®. Analisou-se as variáveis frequência cardíaca (FC), pressão arterial média (PAM), saturação periférica de oxigênio (SpO_2) e frequência respiratória (FR) no grupo TMI e no grupo controle.

Resultados: A mediana de idade no grupo TMI e controle foram de 46,5 e 58 anos respectivamente. Observou-se aumento do valor de $PI_{máx}$ final comparada à inicial no grupo TMI ($p=0,017$), sem alteração significativa para o grupo controle. Não foram observadas alterações estatisticamente significantes nas variáveis: FC, PAM e SpO_2 durante o TMI. A FR apresentou redução significativa após os intervalos de um minuto entre os 3 ciclos de TMI ($p=0,016$, $p=0,028$ e $p=0,041$, respectivamente).

Conclusão: O uso de TMI com *Powerbreathe*® em pacientes traqueostomizados promoveu aumento de força muscular, e não desencadeou desconforto respiratório ou instabilidade hemodinâmica durante sua aplicação.

EP-003

Eventos adversos em ventilação mecânica invasiva: situações predisponentes e danos gerados

Walnice Jung, Michel Maximiliano Faraco, Juliana El-Hage Meyer de Barros Gulini, Eliane Regina Pereira do Nascimento, Gabriela Schweitzer, Odisséia Fátima Perão, Patrícia Madalena Vieira Hermida, Sabrina Guterres da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Florianópolis (SC), Brasil

Objetivo: Analisar os eventos adversos associados à ventilação mecânica invasiva em paciente adulto.

Métodos: Estudo coorte prospectivo probabilístico, amostra de 66 pacientes em uso de tubo orotraqueal ou traqueostomia, submetidos à ventilação mecânica invasiva em uma unidade de terapia intensiva de um hospital escola de Santa Catarina. Dados coletados de 04 de julho a 25 de setembro de 2012. Analisaram-se as variáveis: tipo de prótese, turno de ocorrência, nível de sedação (Ramsay), situação predisponente, tipo de evento adverso e escore de gravidade (APACHE II). Utilizou-se análise descritiva pelo programa SestatNet, para obtenção das frequências absoluta e relativa, média e desvio-padrão.

Resultados: Foram notificados 110 eventos adversos em 40 pacientes (60,6%) da amostra, com predomínio de pacientes com tubo orotraqueal ($n=71$; 64,5%), ocorridos no turno da manhã ($n=41$; 37,0%) e no último quartil do período de uso do ventilador mecânico ($n=47$; 43,0%), APACHE II com média de 23,2 e Ramsay médio de 3,9 ($\pm 2,0$). Predominaram pacientes com idade = a 60 anos ($n=21$; 31,8%), distribuídos igualmente (50%) em ambos os sexos e tipo de tratamento (clínico e cirúrgico), com doenças do aparelho respiratório ($n=10$; 15,2%), provenientes da unidade de emergência ($n=17$; 25,8%). Constatou-se que metade das notificações ($n=55$; 50%) aconteceram em situações de assistência de rotina e os eventos prevalentes

Comparação entre a pressão inspiratória máxima aferida pelo manovacuômetro digital e pelo dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório

Comparison between maximum inspiratory pressure measured by a digital manometer and by an electronic inspiratory muscle training device

Áurea Gonçalves Ferreira¹, Fabieli Vicente¹, Ligia dos Santos Roceto Ratti^{1,2}, Rodrigo Marques Tonella^{1,2}, Antonio Luis Eiras Falcão¹, Ana Paula Ragonete dos Anjos², Luciana Castilho de Figueiredo¹

¹ Curso de Especialização em Fisioterapia Respiratória em UTI Adulto do Hospital de Clínicas da Unicamp, Campinas, SP

² Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP

RESUMO

Objetivos: Comparar valores de pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) aferidos por um manovacuômetro digital e por um dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório e avaliar as repercussões hemodinâmicas após as medidas.

Métodos: A amostra foi composta por indivíduos acima de 18 anos, de ambos os sexos, internados na unidade de terapia intensiva, hemodinamicamente estáveis, sem uso de drogas vasoativas ou de sedação, intubados ou traqueostomizados, em processo de desmame da ventilação mecânica. Foram feitas três medidas de P_{Imáx} pelos dois equipamentos, com tempo de oclusão de 20 segundos e tempo entre as medidas de cinco minutos. Foram analisados frequência respiratória, pressão arterial média e frequência respiratória antes e após cada medida para cada equipamento utilizado. A análise estatística usou os programas *Statistical Analysis System* e *R Project for Statistical Computing* V. 3.1.2, aplicando os testes ANOVA e Wilcoxon.

Resultados: Foram incluídos no estudo 58 pacientes. A média das P_{Imáx} obtidas com o manovacuômetro digital foi -46,22 centímetros de água (cmH₂O), enquanto a média obtida com o dispositivo de TMI foi -13,15 cmH₂O ($p < 0,001$). A frequência cardíaca apresentou aumento na comparação antes e após todas as medidas em ambos os dispositivos ($p < 0,0001$). A pressão arterial média apresentou diferença estatisticamente significativa somente entre antes e após a primeira medida obtida pelo manovacuômetro digital, e entre antes e após a segunda medida obtida com o dispositivo de treinamento muscular inspiratório ($p < 0,001$). A frequência respiratória apresentou variação significativa entre antes e após as três medidas em ambos dispositivos ($p < 0,0001$). Os valores das variáveis hemodinâmicas após as medidas de P_{Imáx} permaneceram dentro dos limites da normalidade.

Conclusões: O manovacuômetro digital registrou uma P_{Imáx} superior à registrada pelo dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório. Ambos os dispositivos alteraram os valores das variáveis hemodinâmicas, que entretanto permaneceram dentro da normalidade e sem repercussão clínica.

DESCRIPTORES: doenças respiratórias; insuficiência respiratória; unidade de terapia intensiva; desmame do respirador.

ABSTRACT

Aims: To compare maximum inspiratory pressure (MIP) measured by a digital manometer and by an inspiratory muscle training (IMT) device and to evaluate hemodynamic changes after measurements.

Methods: The sample included male and female individuals older than 18 years admitted to an intensive care unit who were hemodynamically stable, not being treated with vasoactive drugs or sedated, intubated or tracheostomized, and who were in the process of being weaned from mechanical ventilation. MIP was measured by both devices on three different occasions, with an occlusion time of 20 seconds and a 5-minute interval between measurements. The following parameters were assessed: respiratory rate, mean arterial pressure, and respiratory rate before and after each measurement by each device. The statistical analysis was made in the *Statistical Analysis System* and the *R Project for Statistical Computing* V. 3.1.2 softwares, using the ANOVA and the Wilcoxon tests.

Results: Fifty-eight patients were included in the study. The mean value obtained for MIP was -46.22 centimeters of water (cmH₂O) in the digital manometer and -13.15 cmH₂O ($p < 0.001$) in the IMT device. Heart rate showed a significant increase ($p < 0.0001$) both before and after all measurements in both devices. Mean arterial pressure showed a statistically significant difference only before and after the first measurement by the digital manometer and before and after the second measurement by the IMT device ($p < 0.001$). The respiratory rate oscillated significantly before and after the three measurements by both devices ($p < 0.0001$). The hemodynamic parameters remained within reference values after MIP measurements.

Conclusions: The digital manometer recorded a higher MIP than that measured by the IMT device. The hemodynamic parameter values oscillated in both devices, but they remained within the normal range and were not clinically significant.

KEY WORDS: respiratory tract diseases; respiratory failure; intensive care unit; ventilator weaning.

Recebido: dezembro, 2015

Aceito: março, 2016

Correspondência: pauladosanjos@yahoo.com.br



Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a publicação original seja corretamente citada. http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

Abreviaturas: PImáx, pressão inspiratória máxima; TMI, dispositivo de treinamento muscular inspiratório; FR, frequência respiratória; FC, frequência cardíaca; PAM, pressão arterial média; DP, desvio padrão; rpm, movimentos respiratórios por minuto; mmHg, milímetros de mercúrio; cmH₂O, centímetros de água.

INTRODUÇÃO

O desmame do respirador pode ser definido como o processo de transição da ventilação mecânica artificial para a ventilação espontânea. Essa fase é considerada crítica na assistência ventilatória em terapia intensiva [1,2]. A ventilação mecânica por um tempo prolongado poderá desencadear alterações na função da musculatura respiratória, principalmente no diafragma, músculo que constantemente é recrutado na presença de algum distúrbio respiratório, o que pode desencadear a fadiga muscular. Para avaliar a capacidade da musculatura respiratória em manter a ventilação espontânea, vários índices preditivos são recomendados na literatura, levando em consideração o equilíbrio entre a carga imposta à musculatura respiratória e a capacidade de sustentar essa carga, indicando o sucesso ou não no desmame [3-5].

Dentre as medidas preditivas, a medida da pressão inspiratória máxima (PImáx) pode ser realizada com o objetivo de avaliar a força muscular inspiratória do paciente. Black e Hyatt [6], em 1969, descreveram uma forma prática de obter a PImáx por meio de um manovacuômetro analógico [6-8]. Em 1986, Marini et al. [9] associaram o manovacuômetro analógico a uma válvula unidirecional inspiratória com o objetivo de induzir inspirações forçadas máximas, atingindo assim um volume próximo do residual. Esses autores descreveram o método como forma de obtenção da PImáx em pacientes sob ventilação mecânica [9]. Estudos mais recentes de Souza et al. [10] sugerem que para uma medida confiável da PImáx em pacientes orientados e colaborativos, seria necessário um tempo de oclusão da válvula unidirecional em torno de 40 a 60 segundos [8-10].

Com os avanços da medicina associados à tecnologia, foram desenvolvidos equipamentos que podem mensurar a PImáx de forma precisa e informatizada. No Brasil, o Núcleo de Estudos e Pesquisas em Engenharia Biomédica (NEPEB) da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais desenvolveu um manovacuômetro digital com escala de até 300 centímetros de água (cmH₂O) para medida da força muscular inspiratória e capacidade

de armazenamento eletrônico de dados [7]. Kulkarni et al. [8] referem que existem dispositivos eletrônicos de treinamento muscular inspiratório e expiratório capazes de acompanhar o treinamento e também monitorar o ganho de força muscular inspiratória, inclusive com possibilidade de armazenamento dos dados em computador [8].

O presente estudo teve como objetivo comparar valores de PImáx obtidos por meio do manovacuômetro digital e de um dispositivo de treinamento muscular inspiratório (TMI) e avaliar as variações hemodinâmicas e respiratórias antes e após as medidas.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo prospectivo em pacientes internados na unidade de terapia intensiva (UTI) do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (HC/UNICAMP). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição, sob o parecer nº 403/626, e um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi explicado e assinado pelo familiar responsável por cada paciente incluído no estudo.

Foram selecionados 58 pacientes de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, estáveis hemodinamicamente, sem uso de drogas vasoativas ou com dose mínima (dopamina, dobutamina ou noradrenalina \leq 5 mcg/kg/min), sem uso de sedativos (exceto analgésicos) e temperatura corpórea entre 36,5°C e 38,5°C. Todos os pacientes utilizavam via aérea artificial, com tudo orotraqueal ou traqueostomia, e estavam em processo de desmame da ventilação mecânica em modo ventilatório espontâneo com parâmetros ajustados de pressão de suporte \leq 20 cmH₂O, pressão positiva expiratória final \leq 8 cmH₂O e fração inspirada de oxigênio \leq 0,4; ou em nebulização por período intermitente intercalado com o modo espontâneo referido acima. Em ambos os processos de desmame, os pacientes incluídos apresentavam saturação periférica de oxigênio \geq 95%. Foram excluídos do estudo pacientes que apresentavam contraindicações para a realização de manobra inspiratória forçada, tais como hipertensão intracraniana e instabilidade da caixa torácica, e aqueles que apresentaram sinais clínicos de fadiga muscular inspiratória ou qualquer sintoma de intolerância na avaliação inicial: frequência respiratória (FR) $>$ 35 movimentos por minuto (mpm), sinais de desconforto respiratório, uso dos músculos acessórios, respiração com movimento toracoabdominal paradoxal, saturação periférica de oxigênio $<$ 90% e/ou frequência cardíaca (FC) $>$ 120 batimentos por minuto (bpm).

Para a definição do equipamento que seria escolhido primeiro, o manovacuômetro digital MVD300 (Globalmed, Rio Grande Sul, Brasil) ou o dispositivo TMI (POWERbreathe NCS, São Paulo, Brasil), foi realizado um sorteio com envelopes fechados, antecedendo cada coleta.

Previamente às medidas, foram realizadas manobras de higiene brônquica, com aspiração traqueal, posicionamento no leito com cabeça em 45° (posição de Fowler) e ventilação com uma fração inspirada de oxigênio de 1,0 durante um minuto. Foram monitorizados e anotados antes e após o procedimento a FC, a FR e a pressão arterial média (PAM), através de um monitor (Philips Intelli Vue MP 40®).

Em seguida, foi aplicado o método de aferição da P_{Imáx} conforme descrito por Marini et al. [9] em 1986 e Monteiro et al. [3] em 2004, pela oclusão da via inspiratória por tempo variável. Para a obtenção da P_{Imáx} foi acoplada uma válvula unidirecional em cada equipamento, com tempo de oclusão de 20 segundos [3,9]. O procedimento foi realizado três vezes, sem uso de estímulo verbal, por um mesmo avaliador e com intervalo de um minuto entre as medidas. Foi mantido um intervalo de 10 minutos para obtenção da P_{Imáx} entre os equipamentos. Para os cálculos foi considerado o valor médio dessas três medidas.

A análise descritiva foi realizada por meio de medidas de posição e dispersão para as variáveis contínuas e tabelas de frequências para variáveis categóricas. Para análise estatística foram utilizados os programas SAS (*Statistical Analysis System*) e R (*The R Project for Statistical Computing V. 3.1.2*). Para comparação de medidas contínuas avaliadas em três momentos na mesma unidade amostral, foi aplicado o teste de Wilcoxon. Para comparação entre os dois grupos para medidas repetidas foram aplicados o teste ANOVA (análise de variância). O nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 58 pacientes, sendo 37 (63,8%) do sexo masculino e 21 (36,2%) do sexo feminino, com média de idade de 50,14±15,36 anos, tempo de internação de 16±14,59 dias e tempo médio de ventilação mecânica de 15,05±14,63 dias. A Tabela 1 demonstra as características gerais da amostra estudada.

A Figura 1 demonstra os valores das médias da P_{Imáx} obtidas em ambos os dispositivos. A média dos valores da P_{Imáx} obtidas com o manovacuômetro digital e com o dispositivo para TMI não apresentaram

variações significativas entre as três medidas, em cada equipamento ($p=0,263$). O valor da P_{Imáx} nas três aferições consecutivas, parece ter sido homogêneo. Entretanto, em análise comparativa entre os valores obtidos em relação ao dispositivo utilizado, houve diferença. A média das pressões obtidas com o manovacuômetro digital foi de -46,22 cmH₂O, enquanto a média obtida com dispositivo de TMI foi -13,15 cmH₂O ($p<0,001$).

Tabela 1. Características gerais dos 58 pacientes participantes do estudo, 37 homens e 21 mulheres internados em unidade de terapia intensiva, em processo de desmame de ventilação mecânica.

| Variáveis | n | Média ± desvio padrão |
|---|----|-----------------------|
| Idade (anos) | 58 | 50,14±15,36 |
| Tempo de internação hospitalar (dias) | 58 | 16±14,59 |
| Tempo de utilização de ventilação mecânica (dias) | 58 | 15,05±14,63 |
| Tempo de intubação orotraqueal (dias) | 57 | 7,97±0,24 |
| Tempo de traqueostomia (dias) | 22 | 8,02±0,24 |
| Escore APACHE II (pontuação) | 58 | 17,43±7,99 |
| Mortalidade (%) | 58 | 29,21±20,04 |
| Mortalidade ajustada por escore de gravidade (%) | 56 | 17,63±18,78 |

APACHE II, sistema de pontuação de mortalidade em unidade de terapia intensiva (Knaus WA et al., Crit Care Med. 1985Oct;13:818-29).

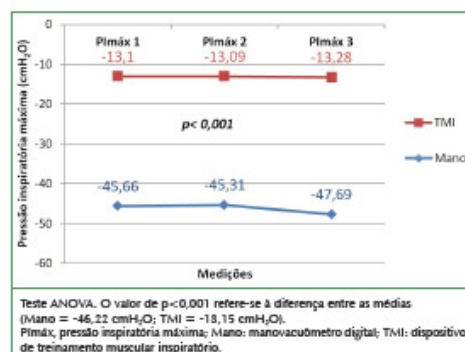


Figura 1. Valores da pressão inspiratória máxima obtidos nas três medidas em cada dispositivo (manovacuômetro digital e dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório), em 58 pacientes adultos em processo de desmame de ventilação mecânica.

A Figura 2 demonstra os valores obtidos da FC nos momentos antes e após as três medidas realizadas com o manovacuômetro digital e as três medidas realizadas com o dispositivo para TMI. Houve variações dos valores de FC em todos os procedimentos

realizados com ambos os dispositivos. Embora a diferença estatística dos valores entre os dispositivos nos momentos antes e após o procedimento, fosse estatisticamente significativa, as variações foram dentro da normalidade.

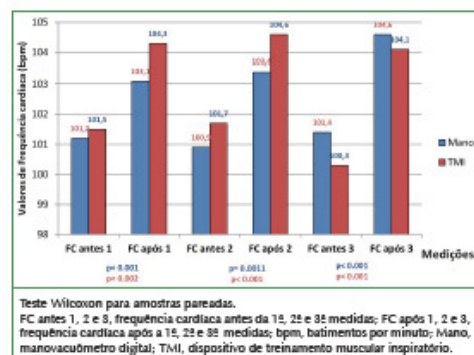


Figura 2. Comparação dos valores da frequência cardíaca obtidos antes e após as avaliações feitas com um manovacuômetro digital e um dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório, em 58 pacientes em processo de desmame de ventilação mecânica.

A PAM apresentou diferença significativa entre antes e após a primeira medida de PImáx obtida pelo manovacuômetro digital (respectivamente $86,8 \pm 12,9$ mmHg e $91,6 \pm 14,3$ mmHg, $p < 0,001$). Quando usado o dispositivo para TMI, a PAM foi estatisticamente diferente entre antes e após a segunda medida (respectivamente $89,4 \pm 12,2$ e $91,1 \pm 12,5$, $p < 0,001$) (Figura 3).

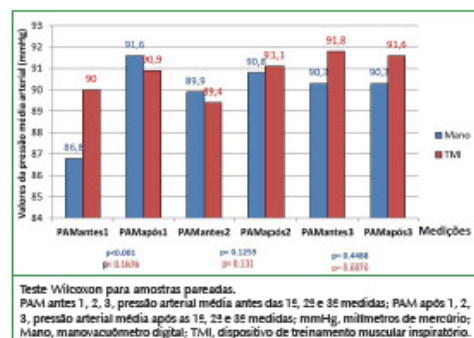


Figura 3. Comparação dos valores da pressão arterial média obtidos antes e após as avaliações feitas com um manovacuômetro digital e um dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório, em 58 pacientes em processo de desmame de ventilação mecânica.

Os valores da FR apresentaram diferença estatística significativa entre os momentos antes e após em todas as medidas realizadas para ambos dispositivos, com aumento após a aferição da PImáx, porém dentro dos valores de normalidade (Figura 4).

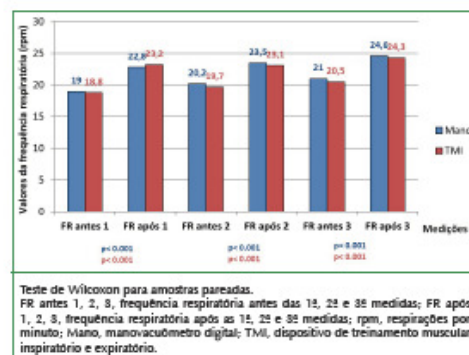


Figura 4. Comparação dos valores da frequência respiratória obtidos antes e após as avaliações feitas com um manovacuômetro digital e um dispositivo eletrônico de treinamento muscular inspiratório, em 58 pacientes em processo de desmame de ventilação mecânica.

DISCUSSÃO

Uma das principais metas de ordem prática por ocasião da elaboração do presente estudo foi comparar diferentes dispositivos de aferição da PImáx em pacientes intubados ou traqueostomizados e avaliar alterações hemodinâmicas, já que não existe um consenso na literatura, ou recomendações sobre o melhor equipamento para aferição da PImáx de maneira rápida, eficaz, prática e confiável.

A comparação dos dispositivos para aferição da PImáx em pacientes intubados ou traqueostomizados pode trazer como benefícios, menor tempo de utilização da ventilação mecânica e de hospitalização e diminuir o índice de mortalidade, devido à não subestimação da PImáx. Desta forma, os pacientes em ventilação mecânica, especialmente aqueles que estão em processo de desmame, são os mais beneficiados.

A avaliação da PImáx tem como objetivos prever o sucesso no desmame da ventilação mecânica, avaliar a força muscular respiratória e calcular a carga de treinamento muscular inspiratória e expiratória. A maioria dos estudos relacionados demonstram 80% de sensibilidade, porém com 25% de especificidade, ou seja, é possível que pacientes que apresentam falha no desmame não tenham necessariamente uma

PI_{máx} reduzida. Além disso, a reprodutibilidade é questionável, devido à diversidade de métodos e a dificuldade para a padronização da técnica; e, ainda, os estudos não contemplam populações homogêneas [11,12].

Os resultados encontrados no presente estudo demonstram que as medidas de PI_{máx} realizadas com o manovacuômetro digital e o dispositivo de TMI com o método convencional de válvula unidirecional ocluída por 20 segundos, apresentaram diferenças significativas, ou seja, os valores da PI_{máx} obtidos com o dispositivo de TMI foram menores do que os obtidos com o manovacuômetro digital. Corroborando com o presente estudo, Lima et al. [13] notaram que os valores obtidos, tanto da PI_{máx} quanto da pressão expiratória máxima com o manovacuômetro digital, foram predominantemente superiores aos valores obtidos com o manovacuômetro analógico. Em contrapartida, Saad et al. [14] concluíram que não houve diferença estatística significativa entre os valores obtidos com o manovacuômetro digital e o analógico.

Apesar da medida da PI_{máx} ainda não possuir correlação clara com o sucesso no desmame da ventilação mecânica ou o desfecho clínico dos pacientes críticos, acredita-se que maiores valores de PI_{máx} possam estar associados com uma melhor ventilação pulmonar, depuração das vias aéreas e melhores resultados em indivíduos em processo de desmame da ventilação mecânica [3].

A proposta do presente estudo também foi avaliar as repercussões da manobra prolongada nas variáveis hemodinâmicas dos pacientes. Quando comparadas as variáveis nos momentos antes e após as três medidas realizadas em cada dispositivo, foram encontradas diferenças significativas da PI_{máx} em relação às variáveis FC e FR nas três medidas de ambos os dispositivos. Em síntese, independente do

dispositivo, a FC e a FR dos pacientes aumentaram, quando comparadas antes e o após as medidas da PI_{máx}. A PAM apresentou variações com diferença significativa, porém dentro dos valores de normalidade e sem repercussão clínica. O impacto evidenciado nas variáveis FC e FR não se traduziu necessariamente em alterações clínicas, em consonância com dados da literatura, que consideram como significância clínica o aumento ou diminuição de 20% nos valores de PAM ou aumento de 10% da FC em repouso [15-18]. Acredita-se que a mensuração da PI_{máx} em relação às variáveis FC e FR foi segura em ambos os dispositivos utilizados. Filho et al. [4] também não observaram diferença significativa após mensuração da PI_{máx} em relação às variáveis FC, FR e PAM.

Não foi objetivo deste estudo realizar um levantamento sobre sucesso e falha no desmame ventilatório dos pacientes. O estudo não tem poder suficiente para detectar superioridade entre os tempos de oclusão, visto que não foi realizado acompanhamento do desfecho no desmame da ventilação mecânica dos pacientes envolvidos no estudo. Estudos com amostragem maior, diferentes metodologias, com outros tipos de comparações de dispositivos e diferentes métodos de mensuração da pressão inspiratória máxima devem ser realizados.

Nas condições testadas, os valores das pressões inspiratórias máximas obtidas por um manovacuômetro digital e por um dispositivo de TMI foram diferentes entre si, sendo os valores superiores no manovacuômetro digital, sugerindo mais confiança e veracidade desse dispositivo para aferir a PI_{máx} em pacientes intubados ou traqueostomizados. Em relação às variações hemodinâmicas, ambos os dispositivos alteraram os valores das variáveis, porém, estas permaneceram dentro dos valores de normalidade e sem repercussão clínica.


NOTA

Declaração de conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse relevantes ao conteúdo deste estudo.

REFERÊNCIAS

1. Parreira VF, França DC, Zampa CC, Fonseca MM, Tomich GM, Brito RR. Maximal respiratory pressures: actual and predicted values in healthy subjects. *Rev Bras Fisioter*. 2007;11(5):361-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552007000500006>
2. Passarelli RCV, Tonella RM, Souza HCD, Gastaldi AC. Evaluation of Inspiratory Muscular Force (PI_{máx}) during Weaning from Mechanical Ventilation in Neurological Patients in the Intensive Care Unit. *Fisioter Pesq*. 2011;18(1):48-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S1809-29502011000100009>
3. Monteiro LS, Veloso CA, Araújo S, Figueiredo LC, Terzi RGG. Comparação de dois métodos de mensuração da pressão inspiratória máxima com o uso de uma válvula unidirecional. *Rev Bras de Ter Intensiva*. 2004;16:74-7.

4. Filho GRP, Reis HFC, Almeida MJ, Andrade WS, Rocha RLS, Leite PA. Comparison and effects of two different airway occlusion times during measurement of maximal inspiratory pressure in adult intensive care unit neurological patients. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2010;22(1):33-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-507X2010000100007>
5. Souza C, Da Silva CT Jr, Lugon JR. Evaluation of the inspiratory pressure using a digital vacuumeter in mechanically ventilated patients: analysis of the time to achieve the inspiratory peak. *Respir Care*. 2012 Feb;57(2):257-62. <http://dx.doi.org/10.4187/respcare.01228>
6. Black LF, Hyatt RE. Maximal Respiratory pressures: Normal Values and Relationship To Age and Sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969 May;99(5):696-702.
7. Ferreira JL, Nadja C, Oliveira Júnior M, Vasconcelos FH, Parreira V, Tierra-Criollo CJ. Medidor de pressões respiratórias máximas: calibração e cálculo da incerteza. *SBA Controle & Automação*. 2010;21(6):589-97.
8. Kulkarni SR, Fletcher E, McConnell AK, Poskitt KR, Whyman MR. Pre-operative inspiratory muscle training preserves postoperative inspiratory muscle strength following major abdominal surgery – a randomised pilot study. *Ann R Coll Surg Engl*. 2010 Nov;92(8):700-7. <http://dx.doi.org/10.1308/003588410X12771863936648>
9. Marini JJ, Smith TC, Lamb V. Estimation of inspiratory muscle strength in mechanically ventilated patients: the measurement of maximal inspiratory pressure. *J Crit Care*. 1986 Mar;1(1):32-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-9441\(86\)80114-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-9441(86)80114-9)
10. Souza LC. Impact of using a digital vacuum gauge and check valve on respiratory indices predictors of weaning. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2011.
11. Silva BAK, Souza JKD, Pereira DM, Aydos RD, Carvalho PTC, Reis FA. Correlação entre pressão inspiratória máxima, ventilação pulmonar e tempo de ventilação em pacientes ventilados no modo de pressão de suporte. *ConScientia e Saúde*. 2008;7(3):379-84. <http://dx.doi.org/10.5585/conssaude.v7i3.1370>
12. Caruso P, Albuquerque LP, Santana PV, Cardenas LZ, Ferreira JG, Prina E. Métodos diagnósticos para avaliação da força muscular inspiratória e expiratória. *J Bras Pneumol*. 2015;41(2):110-23. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132015000004474>
13. Lima, L. P. Mensuração das pressões respiratórias máximas com equipamentos analógico e digital. In: 5ª Amostra Acadêmica UNIMEP. Piracicaba; 2007.
14. Saad IAB, Santos BP, Paganini C, Guidetti EL, Silva YB, Toro IFC, Zambon L. Comparison between maximal respiratory pressures obtained from digital and analog manovacuometers in 120 Brazilian patients with lung disease. *Eur Respir J*. 2014;44(Suppl58):4284.
15. Clanton TL, Diaz PT. Clinical assessment of the respiratory muscles. *Phys Ther*. 1995 Nov;75(11):983-95.
16. Stiller K, Phillips A. Safety aspects of mobilising acutely ill in patients. *Physiother Theory Pract*. 2003;19(4):239-57. <http://dx.doi.org/10.1080/09593980390246751>
17. Stiller K, Phillips AC, Lambert P. The safety of mobilisation and its effect on haemodynamic and respiratory status of intensive care patients. *Physiother Theory Pract*. 2004;20(3):175-85. <http://dx.doi.org/10.1080/09593980490487474>
18. Stiller K. Safety issues that should be considered when mobilizing critically ill patients. *Crit Care Clin*. 2007 Jan;23(1):35-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccc.2006.11.005>
19. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med*. 1985 Oct;13(10):818-29. <http://dx.doi.org/10.1097/00003246-198510000-00009> 

Inspiratory Muscle Training in the Intensive Care Unit: A New Perspective

Rodrigo Marques Tonella^{a, d}, Ligia Dos Santos Roceto Ratti^a, Lilian Elisabete Bernardes Delazari^a, Carlos Fontes Junior^a, Paula Lima Da Silva^a, Aline Ribeiro Da Silva Herran^a, Daniela Cristina Dos Santos Faez^a, Ivete Alonso Bredda Saad^a, Luciana Castilho De Figueiredo^a, Rui Moreno^b, Desanka Dragosvac^c, Antonio Luis Eiras Falcao^c

Abstract

Background: Prolonged use of mechanical ventilation (MV) leads to weakening of the respiratory muscles, especially in patients subjected to sedation, but this effect seems to be preventable or more quickly reversible using respiratory muscle training. The aims of the study were to assess variations in respiratory and hemodynamic parameters with electronic inspiratory muscle training (EIMT) in tracheostomized patients requiring MV and to compare these variations with those in a group of patients subjected to an intermittent nebulization program (INP).

Methods: This was a pilot, prospective, randomized study of tracheostomized patients requiring MV in one intensive care unit (ICU). Twenty-one patients were randomized: 11 into the INP group and 10 into the EIMT group. Two patients were excluded in experimental group because of hemodynamic instability.

Results: In the EIMT group, maximal inspiratory pressure (MIP) after training was significantly higher than that before ($P = 0.017$), there were no hemodynamic changes, and the total weaning time was shorter than in the INP group ($P = 0.0192$).

Conclusion: The EIMT device is safe, promotes an increase in MIP, and leads to a shorter ventilator weaning time than that seen in patients treated using INP.

Keywords: Diaphragm; Respiratory insufficiency; Ventilator weaning; Intensive care

Manuscript submitted August 29, 2017, accepted September 18, 2017

^aSchool of Medical Sciences, Intensive Care Unit of Clinical Hospital, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, Sao Paulo, Brazil

^bNeurological Intensive Care Unit, Sao Jose Hospital, Lisboa, Portugal

^cSchool of Medical Sciences, Intensive Care Unit of Clinical Hospital, Department of Surgery, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, Sao Paulo, Brazil

^dCorresponding Author: Rodrigo Marques Tonella, School of Medical Sciences, Intensive Care Unit of Clinical Hospital, State University of Campinas (UNICAMP), Vital Brazil St. 251, Sao Paulo 13083-888, Brazil. Email: digomato@gmail.com

doi: <https://doi.org/10.14740/jocmr3169w>

Introduction

The main goals of invasive ventilatory support are to promote normal alveolar ventilation and effective gas exchange, to treat the underlying disease, and to reverse respiratory failure [1]. However, the disuse of the respiratory muscles that occurs alongside such controlled ventilation weakens the muscles [2] and decreases diaphragm strength in a manner that is logarithmically proportional to the duration of mechanical ventilation (MV) [3] and to the use of sedation and muscle blockers [4]. Episodes of sepsis, extended MV, and severe polyneuropathy [5] exacerbate the harmful effects on respiratory muscular function and can lead to long dependence from MV [6].

The process of weaning from MV involves the patient initially spending approximately 40% of their time on MV [7]. Unfortunately, especially when the weaning process started late, the significant loss of muscle strength means that between 5% and 15% of patients being weaned repeatedly fail to regain respiratory autonomy [6].

The extended use of MV is associated with high daily cost of hospitalization and a higher mortality [8]; therefore, pulmonary rehabilitation interventions have been decreasing hospitalization time and substantially reducing hospital costs [9].

Respiratory muscle training reverses weakness and improves endurance [10]. The training can result in a significant increase in the maximal inspiratory pressure (MIP) [11], as well as successful weaning of patients who have failed repeatedly [12]. Muscle training is safe, with no adverse hemodynamic or respiratory repercussions that would necessitate discontinuing the procedure, even in patients whose condition is severe [13].

New technologies are available for respiratory muscle training. Electronic devices play a key role in increasing the respiratory performance of recreational runners [14]. The safety of these devices using inspiratory loads of up to 60% MIP has been confirmed in normal individuals. Specifically, when this limit was applied, the resulting hemodynamic variations were within the normal range [15].

Souza et al [16] used an electronic device for inspiratory muscle training (IMT) in a tracheostomized patient on MV who had a neuromuscular disease; the investigators observed an increase in MIP, detected no significant hemodynamic repercus-

Table 1. Inclusion Criteria

| Criteria | Requirements |
|----------------------------------|---|
| Age | > 18 years old |
| Partial arterial oxygen tension | > 60 mm Hg |
| Fraction of inspired oxygen | ≤ 0.6 |
| Oxygen saturation index | ≥ 100 |
| Mean arterial pressure | ≥ 80 mm Hg ≤ 110 mm Hg |
| Analgesia and sedation | Without analgesia/sedation more than 24 h |
| Ventilatory modality | Assisted/controlled or spontaneous |
| Pressure support ventilation | ≥ 10 cm H ₂ O |
| Positive end-expiratory pressure | ≤ 10 cm H ₂ O |
| Respiratory rate | ≤ 30 breaths/min |
| Arterial oxygen saturation | ≥ 90% |
| Body temperature | ≥ 36.5 °C ≤ 38.5 °C |
| Body mass index | ≤ 40 kg/m ² |

sions, and reported successful invasive weaning from MV.

With this in mind, we assessed variation in respiratory and hemodynamic parameters in tracheostomized patients who were subjected to electronic IMT (EIMT). Further, this group was compared with a group of patients subjected to an intermittent nebulization program (INP); the groups were compared in terms of MIP, rapid shallow breathing index (RSBI), duration of MV, and total weaning time.

Methods

This was a pilot, prospective, randomized study involving tracheostomized patients hospitalized in the intensive care unit (ICU) of the Clinical Hospital at the State University of Campinas. The Research Ethics Committee of the same institution (report No. 403/626) approved this study. The patients' legal representatives read, accepted, and signed an informed consent form (ICF), allowing patient enrollment in the study (registered in The Brazilian Clinical Trials - REBeC, number U1111-1156-3177).

From October 2013 to January 2014, 25 consecutive patients were selected. Twenty-one tracheostomized patients meeting the inclusion criteria were enrolled (Table 1). Patients were excluded from this study when presented injury of phrenic nerve, neuromuscular disease, or musculoskeletal disorders, necessity of more than 1 aspiration per hour, or who had used home MV before hospitalization.

The patients were randomized into two groups: INP and EIMT. The randomization was performed using closed envelopes, the selection being performed by one of the authors of the study accompanied by an employee of the same institution who was not participating in the research. Weaning success was defined as breathing without MV for 48 consecutive hours. Prior to data collection, each patient received physical therapy comprising bronchial hygiene therapy, tracheal and oral cavity aspiration, and positioning in bed with the head

lifted at an angle of at least 30°.

Three MIP readings were obtained from each patient daily using a digital manovacuometer (MVD300; GlobalMed®, MDI Produtos e Sistemas Ltda Novo, Hamburgo, Brazil). The measurement involved a one-way valve connected to both the tracheostomy tube and the equipment, a 20-s occlusion, a 1-min break between measurements, and selection of the highest MIP value. The RSBI was also checked daily using a ventilometer (Wright® Mark-8, inspector inspire health Ltd, Hertford, England).

The fraction of inspired oxygen was adjusted to 100% for 2 min before the MIP and RSBI measurements were obtained.

In the INP group following institutional protocol, the patients were subjected to an INP using a T-piece for a progressively increasing duration, until they had completed 48 h of respiratory autonomy on continuous nebulization. INP was discontinued when the patient showed two or more of the clinical criteria characterizing respiratory failure: respiratory rate over than 35 cycles/min; oxygen arterial saturation less than 90%; heart rate over than 130 beats/min; systolic blood pressure over than 180 mm Hg or less than 90 mm Hg; signs and symptoms like agitation, sweating, change in consciousness level and thoracoabdominal asynchrony.

In the EIMT group, patients underwent training using a POWER breathe® KH2 (IMT Technologies Ltd, Birmingham, England) electronic inspiratory training device. The manual mode was selected and 30 repetitions were divided into three series of 10 with a 1-min break between each series. EIMT was performed twice a day using a resistive load of 30% of the initial MIP and readjusted daily, with a 10% increase on each training day.

Hemodynamic and respiratory parameters were monitored before and after each training session: heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), arterial oxygen saturation (SpO₂), and respiratory rate (RR). Additionally, in the EIMT group, hemodynamic and respiratory parameters were monitored during training (Table 2).

In the EIMT group, the training was to be discontinued if

Table 2. Demographics of the Studied Population

| Demographics | INP group (N = 8) | EIMT group (N = 11) |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| Median age (years) | 46.5 | 58.0 |
| Gender | | |
| Male | N = 7 | N = 8 |
| Female | N = 1 | N = 3 |
| TI rationale | | |
| Respiratory failure | N = 4 | N = 4 |
| Decrease in consciousness level | N = 3 | N = 5 |
| Post-operative complications | N = 1 | N = 2 |
| | Mean \pm SD | Mean \pm SD |
| APACHE II | 20.2 \pm 7.2 | 20.9 \pm 5.4 |
| SOFA | 7.7 \pm 4.4 | 7.13 \pm 5.8 |

INP: intermittent nebulization program; EIMT: electronic inspiratory muscle training; N: number of patients; TI: tracheal intubation; SD: standard deviation; APACHE II: acute physiology and chronic health disease classification system II; SOFA: sequential organ failure assessment.

the patient showed two or more of the clinical criteria characterizing respiratory failure: respiratory rate over than 35 cycles/min; oxygen arterial saturation less than 90%; heart beat over than 130 beats/min; systolic blood pressure over than 180 mm Hg or less than 90 mm Hg; signs and symptoms like agitation, sweating, change in consciousness level, and thoraco-abdominal asynchrony.

SPSS version 13.0 for Windows was used for statistical analysis. No normal variable distribution was found using the Kolmogorov-Smirnov test. A descriptive analysis of numerical and categorical variables was performed in both groups. The Wilcoxon test was used to compare related variables, and the Mann-Whitney test for independent samples. P values < 0.05 were considered statistically significant.

Figure 1 shows the study flowchart, as well as the number of patients studied.

Results

Twenty-five patients were selected from October 2013 to January 2014; four were excluded because they failed to submit an ICF signed by legal representatives. Twenty-one patients were randomized: 11 into the INP group and 10 into the EIMT group. Two patients were excluded in experimental group because of hemodynamic instability. In both groups, one patient died (Fig. 1). The demographics of the study population are presented in Table 2. There were no significant differences between the groups in terms of demographics.

Although the HR, MAP, RR, and SpO₂ showed variation during training in the EIMT group, these were within normal values and did not necessitate discontinuation of the treatment.

Table 3 shows the RSBI and MIP values obtained before and after training in both groups. The groups did not differ in terms of RSBI values either before or after the respective treatment. In both groups, MIP increased after the training; however, the increase was significant only in the EIMT group

when the value before training was compared with that after training (P < 0.017).

The groups did not differ in terms of MV time with 21.8 \pm 9.8 days to INP group and 14.5 \pm 10 days for EIMT group (P = 0.082); however, the total weaning time was shorter in the EIMT group than in the INP group (P = 0.0192), with 9.4 \pm 6.47 days for INP group and 3.5 \pm 1.6 days for EIMT group.

Discussion

Our findings suggest that EIMT can be used safely and possibly effectively in tracheostomized patients who are on MV and are being treated in the ICU, as the HR, MAP, RR, and SpO₂ were within normal values.

Selection of the study population was made easy owing to the large number of patients needing a tracheostomy tube because of difficulties with weaning. This is in accordance with the study by Cader et al [17], which treated intubated patients using a respiratory muscle training protocol, with a view to increasing the extubation success rate; however, of the 198 patients selected for their study, only 28 were randomized, as the majority of the population was subject to tracheostomy tube or died.

The selection of a 30% resistive load during EIMT was supported by the findings of Bissett et al [10], who evaluated patients on MV for 7 days or more and successfully weaned them from ventilation. The same authors noted that respiratory muscle endurance was reduced in a third of the studied patients immediately after MV withdrawal.

The findings of Cader et al [18] also supported the resistive load selected in our study. In a randomized assay, these authors employed IMT twice a day using a load that was equivalent to 30% of the MIP, with a daily 10% increase in the training load. They found an increase in the MIP and a decrease in weaning time; 87.5% of the patients in the training group were discharged from the ICU with no need for ventilatory support. Similar results were obtained in this study; total weaning

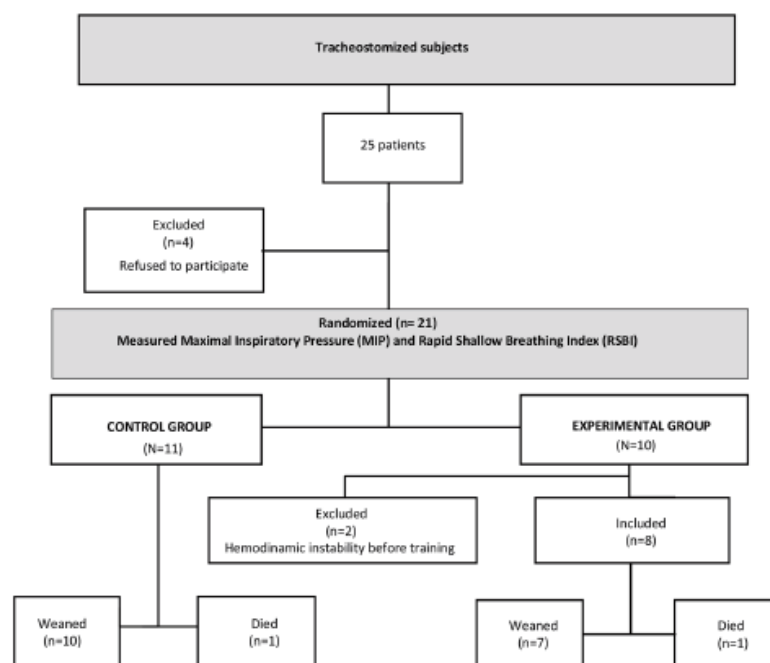


Figure 1. Study flowchart and the number of patients studied.

time was shorter in the EIMT group, and this was associated with significant MIP increase over the pre-training values ($P = 0.017$). The proportion of ICU discharges showed a similar trend in this study, because all patients who had achieved respiratory autonomy were discharged from the ICU.

In a prospective study, Epstein et al [19] found that MV-dependent patients who had been successfully weaned had an average MIP of 40 cm H₂O. In contrast, patients for whom weaning had failed presented an average MIP of 20 cm H₂O. In our study, the initial mean MIPs were 43 ± 16 cm H₂O and

54 ± 20 cm H₂O for the INP and EIMT groups, respectively. Taken together, this may explain the successful weaning and respiratory autonomy reached in both groups.

Jubran et al [20] compared patients weaned using decreasing support pressure with those weaned using INP at specific times daily. Weaning time in the INP group was shorter than that in the support pressure group. Conversely, the weaning time in the EIMT group in our study was shorter than that of the INP group.

In our study, RSBI was not significantly different between the two groups, both before and after training; this is in contrast to the study by Cader et al [18]. However, the population in their study was mainly composed of elderly individuals who were on MV for a shorter period and were trained while still on tracheal intubation; both these factors may have contributed to the significant decrease in RSBI. In our study, each patient had been tracheostomized and had an MV time of 21.8 ± 9.8 days in the INP group, and 14.5 ± 10 days in the EIMT group; it is likely for this reason that the RSBI did not decrease. Furthermore, the RSBI value in the EIMT group in our study was already within the predictive value for successful ventilatory weaning, i.e., less than 104 cycles/min/L, with a mean of 49 ± 16 cycles/min/L. However, patients were not yet able to acquire

Table 3. Distribution of MIP and RSBI Values in Both Groups

| | INP group | | EIMT group | |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Before | After | Before | After |
| RSBI (cycles/min/L) | 97 ± 47 | 80 ± 34 | 49 ± 16 | 48 ± 10 |
| | $P = 0.49$ | | $P = 0.249$ | |
| MIP (cm H ₂ O) | 43 ± 16 | 53 ± 19 | 54 ± 20 | 61 ± 17 |
| | $P = 0.304$ | | $P = 0.017$ | |

INP: intermittent nebulization program; EIMT: electronic inspiratory muscle training; MIP: maximal inspiratory pressure; RSBI: rapid shallow breathing index.

respiratory autonomy without respiratory muscle training.

With regards to the safety of the electronic device, the present study was in accordance with several previous studies [11, 21, 22], all of which used the Threshold® IMT device in patients dependent on MV in the ICU. In contrast, we used the POWERbreathe® KH2 in such patients. Therefore, the POWERbreathe® KH2 is equally safe, because it did not significantly or sustainably affect the HR, MAP, RR, or SpO₂ of the patients enrolled in this study, during or after training.

It is important to highlight that the POWERbreathe® was initially meant exclusively for IMT in healthy and fit individuals (16 recreational runner athletes) [15]. Thus, it was necessary to determine the safety and applicability of the instrument in this "off-label" use, namely, the weaning of tracheostomy patients. Information is still scarce in the literature regarding the utility of electronic IMT devices in patients whose condition is severe. In a case study involving tracheostomized patient with neuromuscular disease who had been MV-dependent for 14 days, Souza et al [16] reported successful IMT using the POWERbreathe®; the study was carried out in an intermediate care unit. A 30-cm H₂O increase in MIP was observed after 2 weeks, allowing MV discontinuation, decannulation, and initiation of non-invasive MV. Therefore, in accordance with the results of their study, the authors concluded that IMT was safe, as hemodynamic variables did not change to the point of interrupting the IMT, and there was no need to administer supplemental oxygen. More studies are necessary to understand when, how and for how long we need to implement the muscular training in intensive care medicine before and after weaning [23].

Conclusions

It can be concluded that the electronic IMT device is safe, as it did not adversely affect HR, MAP, and SpO₂ variations. In addition, it may be effective since it led to an increase in MIP over pre-training values, and weaning time was shorter than in the INP group. Shorter weaning times in particular may contribute to a decrease in the incidence of MV-associated pneumonia and in hospital-acquired infection, as well as to shorter hospitalization times and, consequently, lower morbidity and mortality and decreased hospitalization-related costs.

Acknowledgments

The authors thank the research physiotherapists, students of specialization in physiotherapy, nurses, intensivists and PhD medical professors of the Intensive Care Unit of Clinics Hospital – UNICAMP for their help conducting research. Special thanks for the instrumental, technological support and partnership provided by Pedro Chocair and Angelina Wagner in the development of this research.

References

1. Tobin MJ, Laghi F, Jubran A. Narrative review: venti-

- lator-induced respiratory muscle weakness. *Ann Intern Med.* 2010;153(4):240-245.
2. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, Zhu J, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med.* 2008;358(13):1327-1335.
3. Hermans G, Agten A, Testelmans D, Decramer M, Gayan-Ramirez G. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study. *Crit Care.* 2010;14(4):R127.
4. Arroliga A, Frutos-Vivar F, Hall J, Esteban A, Apezteguia C, Soto L, Anzueto A, et al. Use of sedatives and neuromuscular blockers in a cohort of patients receiving mechanical ventilation. *Chest.* 2005;128(2):496-506.
5. Pelosi P, Ferguson ND, Frutos-Vivar F, Anzueto A, Putensen C, Raymondos K, Apezteguia C, et al. Management and outcome of mechanically ventilated neurologic patients. *Crit Care Med.* 2011;39(6):1482-1492.
6. Brochard L, Thille AW. What is the proper approach to liberating the weak from mechanical ventilation? *Crit Care Med.* 2009;37(10 Suppl):S410-415.
7. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alia I, Brochard L, Stewart TE, Benito S, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA.* 2002;287(3):345-355.
8. Penuelas O, Frutos-Vivar F, Fernandez C, Anzueto A, Epstein SK, Apezteguia C, Gonzalez M, et al. Characteristics and outcomes of ventilated patients according to time to liberation from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;184(4):430-437.
9. Dasta JF, McLaughlin TP, Mody SH, Piech CT. Daily cost of an intensive care unit day: the contribution of mechanical ventilation. *Crit Care Med.* 2005;33(6):1266-1271.
10. Bissett B, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Weaned but weary: one third of adult intensive care patients mechanically ventilated for 7 days or more have impaired inspiratory muscle endurance after successful weaning. *Heart Lung.* 2015;44(1):15-20.
11. Bissett BM, Leditschke IA, Paratz JD, Boots RJ. Protocol: inspiratory muscle training for promoting recovery and outcomes in ventilated patients (IMPROVe): a randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2012;2(2):e000813.
12. Martin AD, Smith BK, Davenport PD, Harman E, Gonzalez-Rothi RJ, Baz M, Layon AJ, et al. Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. *Crit Care.* 2011;15(2):R84.
13. Bissett B, Leditschke IA, Green M. Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: a case series. *Intensive Crit Care Nurs.* 2012;28(2):98-104.
14. Tong TK, McConnell AK, Lin H, Nie J, Zhang H, Wang J. "Functional" inspiratory and core muscle training enhances running performance and economy. *J Strength Cond Res.* 2016;30(10):2942-2951.
15. McConnell AK, Griffiths LA. Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(9):1696-1703.
16. Cordeiro de Souza L, Campos JF, Daher LP, Furtado

- da Silva P, Ventura A, do Prado PZ, Brasil D, et al. Mechanical ventilation weaning in inclusion body myositis: feasibility of isokinetic inspiratory muscle training as an adjunct therapy. *Case Rep Crit Care*. 2014;2014:902541.
17. Cader SA, de Souza Vale RG, Zamora VE, Costa CH, Dantas EH. Extubation process in bed-ridden elderly intensive care patients receiving inspiratory muscle training: a randomized clinical trial. *Clin Interv Aging*. 2012;7:437-443.
 18. Cader SA, Vale RG, Castro JC, Bacelar SC, Biehl C, Gomes MC, Cabrer WE, et al. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomised trial. *J Physiother*. 2010;56(3):171-177.
 19. Epstein CD, El-Mokadem N, Peerless JR. Weaning older patients from long-term mechanical ventilation: a pilot study. *Am J Crit Care*. 2002;11(4):369-377.
 20. Jubran A, Grant BJ, Duffner LA, Collins EG, Lanuza DM, Hoffman LA, Tobin MJ. Effect of pressure support vs unassisted breathing through a tracheostomy collar on weaning duration in patients requiring prolonged mechanical ventilation: a randomized trial. *JAMA*. 2013;309(7):671-677.
 21. Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva AC, Vieira SR. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomised trial. *J Physiother*. 2013;59(2):101-107.
 22. Patsaki I, Papadopoulos E, Sidiaras G, Christakou A, Kouvarakos A, Markaki V. The effectiveness of inspiratory muscle training in weaning critically ill patients from mechanical ventilation. *Hosp Chron*. 2013;8(2):86-90.
 23. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. *Thorax*. 2016;71(9):812-819.